ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

ЖУРНАЛЪ,

основанный зас. проф. П. А. Зиловымъ. и издаваемый проф. Г. Г. Де-Метцомъ.

ТОМЪ ТРИНАДЦАТЫЙ.

1912 г.

Министерствомъ Народнаго Просвѣщенія журналъ рекомендованъ для фундаментальныхъ и ученическихъ (старшаго возраста) библіотекъ мужскихъ гимназій и реальныхъ училищъ, для фундаментальныхъ библіотекъ женскихъ гимназій и для библіотекъ учительскихъ институтовъ и семинарій.

Министерствомъ Торговли и Промышленности журналъ рекомендованъ для фундаментальныхъ библіотекъ коммерческихъ учебныхъ заведеній.





КІЕВЪ.
Тип. С. В. Кульженко, Пушкинская ул. д. № 4.
1912.



Revue de Physique

JOURNAL SCIENTIFIQUE ET POPULAIRE

Fondée par **M. le Prof. Ziloff.** | dirigée par **M. le Prof G. De-Metz.**

à Kiew, rue Stolypine, 44.

Treizième année.

1912.

La Revue de Physique est recommandée par le Ministère de l'Instruction Publique et par le Ministère du Commerce et de l'Industrie à Saint-Pétersbourg.

СОДЕРЖАНІЕ 13-го ТОМА.

Обзоры.

стр.

Рѣчи и некрологи.

Преподаванiе физики.

Хроника.

Библіографія.

Кромѣ того, въ каждомъ номерѣ Физическаго Обозрѣнія, въ отдѣлѣ объявленій, было указано много новыхъ книгъ по физикѣ на русскомъ и иностранныхъ языкахъ.

Указатели.

Указатели предметный и алфавитный за первыя десять лѣтъ, съ 1900 по 1910 гг., продаются отдѣльно по 10 коп.

ФИЗИЧЕСКОЕ ОБОЗРѢНІЕ

1912 Г. ТОМЪ 13. № 6.

Петръ Николаевичъ Лебедевъ.

(Некрологъ).

И. И. Боргмана[1]).

1-го марта 1912 г., скончался въ своемъ родномъ городѣ, въ Москвѣ, въ Мертвомъ переулкѣ, на Пречистинкѣ, въ д. № 20, Петръ Николаевичъ Лебедевъ. Врядъ ли кто, не очень близко знавшій Петра Николаевича, былъ въ состояніи представить себѣ, чтобы этотъ по внѣшности крѣпкій, здоровый человѣкъ, настоящій русскій красавецъ, могъ умереть всего только 46 лѣтъ отъ роду. На самомъ дѣлѣ Петръ Николаевичъ, хотя и атлетическаго сложенія, уже нѣсколько лѣтъ таилъ въ себѣ смертельную болѣзнь. Онъ ушелъ отъ насъ въ другой міръ въ полномъ расцвѣтѣ своихъ духовныхъ силъ и таланта, только что устроивъ первую въ Россіи частную физическую лабораторію, уже успѣвшую въ самое короткое время обогатить науку цѣнными результатами; онъ умеръ, побѣжденный порокомъ своего сердца.

Природа, какъ будто оберегая ревниво свои тайны, отняла слишкомъ рано отъ жизни трехъ тѣсно связанныхъ другъ съ другомъ изслѣдователей, открывшихъ наукѣ огромную область неизвѣстныхъ прежде явленій.

Джемсъ Клеркъ Максвеллъ (James Clerk Maxwell) выяснилъ впервые, при помощи теоретическихъ соображеній, основанныхъ на идеяхъ Михаила Фарадэя, единство свѣтовыхъ и электромагнитныхъ явленій и, опять-таки теоретически, доказалъ необходимость существованія давленія свѣтовыхъ лучей на освѣщаемыя ими тѣла.

---

[1]) Журналъ Министерства Народнаго Просвѣщенія. Іюнь. 1912. Печатается съ любезнаго согласія проф. И. И. Боргмана и редактора журнала Министерства Народнаго Просвѣщенія Э. Л. Радлова.

Генрихъ Рудольфъ Гертцъ (Heinrich Rudolf Hertz) своими замѣчательными опытами подтвердилъ вѣрность теоретическаго заключенія Максвелла, онъ реализировалъ его дифференціальныя уравненія, возбудилъ и уловилъ электромагнитные лучи.

Петръ Николаевичъ Лебедевъ при помощи своихъ опытовъ доказалъ, что электромагнитные лучи вполнѣ подобны свѣтовымъ лучамъ: они при своемъ распространеніи подчиняются всѣмъ законамъ, какіе соотвѣтствуютъ явленіямъ свѣта; онъ такимъ образомъ установилъ, что оптика представляетъ собою только главу ученія объ электромагнитизмѣ. Первый Петръ Николаевичъ Лебедевъ доказалъ и реальность свѣтового давленія. Онъ замѣтилъ и измѣрилъ это давленіе на поверхности твердаго тѣла, онъ констатировалъ свѣтовое давленіе и въ газахъ.

Итакъ, Гертцъ и Лебедевъ обнаружили въ природѣ явленія, которыхъ раньше никто не подмѣтилъ и на существованіе которыхъ указывали лишь формулы въ мемуарѣ Максвелла. Въ исторіи науки имена Максвелла, Гертца и Лебедева останутся навсегда соединенными вмѣстѣ. И всѣ трое, и Максвеллъ, и Гертцъ, и Лебедевъ сошли въ могилу въ такихъ годахъ, въ какихъ ученая дѣятельность достигаетъ обыкновенно наибольшей интенсивности.

Максвеллъ скончался 48 лѣтъ (онъ родился 1/13-го іюня 1831 г., умеръ $\frac{\text{24-го октября}}{\text{5-го ноября}}$ 1879 г.), Гертцъ 36 лѣтъ (род. $\frac{\text{10-го}}{\text{22-го}}$ февр. 1857 г., умеръ $\frac{\text{20-го декабря 1893 г.}}{\text{1-го январи 1894 г.}}$), Лебедева мы потеряли 46 лѣтъ.

Немного сравнительно времени работали на ученомъ поприщѣ эти три физика, но цѣнное наслѣдство оставили они послѣ себя наукѣ!

П. Н. Лебедевъ родился 24-го февраля 1866 г. Его родители были купеческаго званія. Среднее образованіе П. Н. Лебедевъ получилъ въ Москвѣ въ Петропавловской школѣ, пользовавшейся очень хорошею репутаціею и имѣвшей отчасти характеръ коммерческаго учебнаго заведенія. Но занятія коммерціей не были привлекательны для Лебедева. „Уже съ раннихъ лѣтъ“, какъ сообщаетъ другъ и родствен-

никъ Петра Николаевича, проф. А. А. Эйхенвальдъ[1]): „у П. Н. Лебедева выяснилась склонность къ совершенно другой дѣятельности; дома онъ постоянно мастерилъ различнаго рода электрическія машины, производилъ съ ними опыты, читалъ книги преимущественно по физикѣ и электротехникѣ, дѣлалъ самъ изобрѣтенія, изображая ихъ тщательно выполненными чертежами съ пояснительнымъ текстомъ, что мы въ шутку называли „патентами“. Само собою разумѣется, что среди этихъ „патентовъ“ было множество летательныхъ машинъ, но были и динамо-машины, телеграфы, регуляторы для вольтовой дуги; между прочимъ, былъ и проектъ полученія азотной кислоты изъ воды и воздуха“. „Конечно“, прибавляетъ проф. Эйхенвальдъ: „все это были лишь юношескія мечтанія, однако, какъ извѣстно, въ настоящее время эти мечты уже осуществились“. Такія мысли, зарождавшіяся въ головѣ мальчика, уже сами по себѣ указываютъ на особенность ума П. Н. Лебедева, на прирожденныя у него способности къ экспериментальнымъ изслѣдованіямъ. Счастіе, что обстоятельства не помѣшали ему приложить эти способности къ дѣлу.

Окончивъ Петропавловскую школу, П. Н. Лебедевъ рѣшилъ продолжать свое образованіе въ Императорскомъ Московскомъ Техническомъ училищѣ, для чего потребовалась особая подготовка, и онъ поступилъ въ реальное училище Хайновскаго. Въ техническомъ училищѣ П. Н. Лебедевъ пробылъ всего три года, съ осени 1884 до весны 1887 г. Прикладная наука не удовлетворила его. Его потянула къ себѣ чистая наука, опытная физика. Но пребываніе въ техническомъ училищѣ не оказалось безплоднымъ. Онъ много работалъ въ мастерскихъ, изучилъ въ совершенствѣ токарное и слесарное ремесло, что дало ему возможность впослѣдствіи самому изготовлять тончайшія приспособленія для своихъ физическихъ опытовъ. Большинство опытовъ, произведенныхъ П. Н. Лебедевымъ, требовало такихъ частей приборовъ, какія могли быть сдѣланы только искуснѣйшимъ и къ тому же научно образованнымъ мастеромъ. Обыкновенный механикъ и ювелиръ не былъ бы въ состояніи выполнить то, что было нужно. Тутъ и помогло П. Н. Лебедеву

[1]) „Русскія Вѣдомости“. № 53, 4-го марта 1912 г.

умѣнье владѣть механическими инструментами, пріобрѣтенное имъ въ техническомъ училищѣ. Занятія въ этомъ училищѣ развили, очевидно, въ П. Н. Лебедевѣ и способность къ проектированію весьма сложныхъ аппаратовъ. Чтобы спроектировать, напр., такой приборъ, какъ спектрографъ, который былъ демонстрированъ на выставкѣ въ Физическомъ институтѣ С.-П-Б. университета во время 2-го Менделѣевскаго съѣзда, нужно не только знать физику, но нужно быть весьма опытнымъ техникомъ. А сколько было сдѣлано П. Н. Лебедевымъ проектовъ различныхъ приборовъ и для собственныхъ его опытовъ, и для работъ учениковъ его. Природный талантъ конструировать физическіе приборы возросъ на хорошей почвѣ, какой явилось для П. Н. Лебедева техническое училище.

Занятія науками и весьма усердныя работы въ мастерскихъ не мѣшали П. Н. Лебедеву интересоваться музыкой, посѣщать концерты, а кромѣ того сдѣлаться любителемъ спорта. Гимнастика и катанье на гоночныхъ лодкахъ превратили, по словамъ проф. Эйхенвальда, хрупкаго мальчика, какимъ былъ въ дѣтствѣ П. Н. Лебедевъ, въ крѣпкаго, сильнаго, по истинѣ атлетическаго сложенія, юношу. Но чрезмѣрно большое увлеченіе спортомъ (какъ видно, всѣмъ, за что принимался П. Н. Лебедевъ, онъ увлекался вполнѣ) имѣло весьма дурныя послѣдствія. Какъ сообщаетъ проф. Эйхенвальдъ, „во время одного тренированія на гоночной лодкѣ съ П. Н. Лебедевымъ сдѣлался сердечный припадокъ, скоро, впрочемъ, прошедшій, но тѣмъ не менѣе заставившій П. Н. Лебедева отказаться не только отъ мысли участвовать въ гонкѣ, но и вообще отъ гребного спорта". Позже во время пребыванія заграницей П. Н. Лебедевъ опять-таки слишкомъ сильно увлекся другимъ спортомъ, альпинизмомъ, и снова подвергся сердечному припадку послѣ одного спуска по рыхлому снѣгу съ горы. Вѣроятно, въ то время, и началась у Петра Николаевича та болѣзнь сердца, отъ которой много пришлось страдать ему въ послѣдніе годы, и которая, въ концѣ концовъ, свела его въ преждевременную могилу.

Не получивъ полнаго удовлетворенія занятіями въ техническомъ училищѣ, П. Н. Лебедевъ окончательно рѣшилъ посвятить себя чистой наукѣ. Онъ оставилъ училище и такъ

какъ, будучи реалистомъ, по нашимъ правиламъ не могъ попасть въ университетъ, то отправился за границу въ Страсбургъ, гдѣ въ то время былъ лучшій въ Европѣ физическій институтъ, директоромъ котораго былъ знаменитый физикъ Августъ Кундтъ. Въ лабораторіи Кундта П. Н. Лебедевъ и прошелъ самую основательную школу физическихъ опытовъ. П. Н. Лебедевъ не ограничивался, однако, однѣми работами въ лабораторіи, онъ, по словамъ кн. Б. Б. Голицына, бывшаго тогда также у Кундта, самымъ усерднымъ образомъ посѣщалъ лекціи. Въ 1889 г. А. Кундтъ былъ приглашенъ въ Берлинскій университетъ. Вмѣстѣ съ Кундтомъ переѣхалъ въ Берлинъ и Лебедевъ. Изслѣдованія, производившіяся П. Н. Лебедевымъ въ лабораторіи Кундта, не дали положительныхъ результатовъ. Петръ Николаевичъ, желая поскорѣе получить степень доктора, оставилъ весною 1890 г. Берлинъ и снова переселился въ любимый имъ Страсбургъ къ также извѣстному физику Ф. Кольраушу. Въ теченіе года въ лабораторіи Ф. Кольрауша имъ была окончена работа, изложеніе которой и составило диссертацію подъ заглавіемъ: Ueber Messungen der Dielectricitätsconstanten der Dämpfe und über die Mossotti-Clausius'sche Theorie der Dielectrica.

Въ своемъ curriculum vitae, приложеннымъ къ этой диссертаціи, П. Н. Лебедевъ приводитъ слѣдующій списокъ профессоровъ, лекціи которыхъ онъ слушалъ въ Страсбургѣ и Берлинѣ: Кристофль, Конъ, Фиттигъ, Гальваксъ, Гельмгольтцъ, Кольраушъ, Кразеръ, Кундъ, Мауреръ, Рейе, Шерингъ, Штенгеръ, Вейнеръ и Целлеръ.

За эту работу П. Н. Лебедевъ въ 1891 г. и былъ удостоенъ Страсбургскимъ университетомъ степени доктора философіи.

Вопросъ, обслѣдованный въ этой работѣ, не представлялъ собою въ то время особой новизны, да и методъ, которымъ воспользовался П. Н. Лебедевъ для нахожденія искомыхъ величинъ, тоже не являлся вполнѣ новымъ, онъ былъ примѣненъ раньше для подобныхъ же цѣлей Гопкинсономъ. Петръ Николаевичъ лишь измѣнилъ нѣсколько способъ Гопкинсона, сдѣлалъ его болѣе свободнымъ отъ возможныхъ погрѣшностей при опытахъ. Имъ были опредѣлены діэлектрическія постоянныя девяти органическихъ соединеній и

вмѣстѣ съ тѣмъ было доказано соотвѣтствіе опытнымъ даннымъ формулы, получающейся изъ теоріи Моссоти-Клаузіуса и связывающей между собою величину діэлектрической постоянной какого-либо вещества съ величиною плотности этого вещества, для жидкаго и для газообразнаго состоянія. Эта работа была потомъ напечатана въ Annalen der Physik (т. 44, 1891 г.).

Занимаясь у проф. Кундта и проф. Кольрауша, П. Н. Лебедевъ былъ усерднымъ участникомъ коллоквіумомъ по физикѣ, которые устраивались обоими этими профессорами. Въ одномъ изъ такихъ коллоквіумомъ у проф. Кольрауша въ Страсбургѣ, происходившемъ 18/30 іюля 1891 г., была прочитана Петромъ Николаевичемъ статья по вопросу, который и опредѣлилъ направленіе всей послѣдующей дѣятельности его и который былъ блистательно рѣшенъ имъ. Эта статья была озаглавлена „Ueber die abstossende Kraft strahlender Körper“. Она напечатана на нѣмецкомъ языкѣ въ Annalen der Physik (т. 45, 1892 г.), и на русскомъ языкѣ въ 4-мъ томѣ Трудовъ Отдѣленія Физическихъ Наукъ Императорскаго Общества Любителей Естествознанія (Москва 1897 г.) подъ заглавіемъ „Объ отталкивающей силѣ лучеиспускающихъ тѣлъ“.

„Maxwell показалъ, что свѣтовой или тепловой лучъ, падая на поглощающее тѣло, производитъ на него механическое давленіе въ направленіи паденія; величину этой давящей силы можно выразить въ формѣ

$$P = \frac{E}{V},$$

гдѣ E—энергія, которая падаетъ въ единицу времени на поглощающее тѣло, а V—скорость луча въ той средѣ, въ которой находится тѣло“.

Этими словами начинается статья П. Н. Лебедева.

„Цѣль настоящей статьи“, продолжаетъ П. Н. Лебедевъ, „заключается въ томъ, чтобы показать, какую долю ньютоновской силы притяженія составляетъ отталкиваніе лучеиспусканіемъ, какъ для солнца, такъ и для всякаго шаровиднаго тѣла, температура котораго не равна абсолютному нулю“.

Принимая для количества тепловой энергіи, получаемой на земной поверхности, величину, данную Ланглеемъ, т. е.

3 малыхъ калоріи на 1 кв. см. въ одну минуту, П. Н. Лебедевъ выводитъ для силы, съ которою абсолютно черный шаръ притягивается солнцемъ, т. е. для силы, представляющей собою разность между ньютоновской силой притяженія и силой Максвелловскаго отталкиванія и выраженной въ доляхъ ньютоновской силы притяженія, формулу

$$F = 1 - \frac{10^{-4}}{r \cdot \delta}.$$

Здѣсь r обозначаетъ радіусъ шара и δ — плотность его.

Изъ этой формулы „видно, что для всѣхъ тѣлъ, у которыхъ плотность $\delta > 1$ и радіусъ $r > 10$ метровъ отступленія отъ закона Ньютона настолько малы, что не могутъ быть открыты точнѣйшими наблюденіями". Не то будетъ для шаровидныхъ тѣлъ, у которыхъ радіусы много меньше. При очень маломъ радіусѣ отталкиваніе солнечными лучами можетъ даже превзойти матеріальное притяженіе; это и наблюдается въ кометныхъ хвостахъ.

П. Н. вывелъ дальше весьма интересное заключеніе. Онъ показалъ, что въ міровомъ пространствѣ два абсолютно черныхъ шаровидныхъ тѣла, температуры которыхъ 0^0 С., а плотности равны 10 и радіусы равны 4 мм., вслѣдствіе испусканія и поглощенія ими тепловыхъ лучей не должны ни притягивать, ни отталкивать другъ друга. При меньшихъ радіусахъ эти тѣла будутъ отталкивать одно другое.

„При изученіи сущности такъ называемыхъ молекулярныхъ силъ мы не можемъ пренебрегать силами, возникающими отъ лучеиспусканія, не опредѣливъ предварительно той доли молекулярныхъ силъ, которую онѣ составляютъ, и не отдѣливъ эти извѣстныя силы отъ неизвѣстныхъ". Такими словами закончилъ П. Н. Лебедевъ эту свою статью.

Все содержаніе этой статьи основано исключительно на теоретическихъ соображеніяхъ. Но Петръ Николаевичъ по складу своего ума былъ истинный экспериментаторъ, а потому онъ и обратился къ опытнымъ изслѣдованіямъ механическихъ дѣйствій лучистой энергіи, дѣйствій, какъ выяснилъ онъ себѣ, имѣющихъ большое значеніе въ явленіяхъ природы. Эти изслѣдованія и были предприняты имъ тот-

часъ по возвращенiи въ Россiю, имъ онъ посвятилъ большую часть своей научной дѣятельности.

П. Н. Лебедевъ вернулся въ Москву осенью 1891 г. и очень скоро, благодаря покойному проф. А. Г. Столѣтову, угадавшему его талантъ, получилъ мѣсто лаборанта въ физической лабораторiи университета. Въ этой лабораторiи, занимавшей весьма небольшое помѣщенiе, не приспособленное вовсе къ требованiямъ, какiя предъявляются въ настоящее время къ научнымъ работамъ по физикѣ, и произвелъ Петръ Николаевичъ свои первыя интересныя изслѣдованiя.

Онъ прежде всего занялся опытами надъ механическими дѣйствiями, проявляемыми различными излученiями.

„Становясь на точку зрѣнiя электромагнитной теорiи свѣта, мы должны", говоритъ П. Н. Лебедевъ въ самомъ началѣ своей статьи „Экспериментальное изслѣдованiе пондеромоторнаго дѣйствiя волнъ на резонаторы", „утверждать, что между двумя лучеиспускающими молекулами, какъ между двумя вибраторами, въ которыхъ возбуждены электромагнитныя колебанiя, существуютъ пондеромоторныя силы; онѣ обусловлены электродинамическими взаимодѣйствiями перемѣнныхъ электрическихъ токовъ въ молекулахъ (по законамъ Ампера) или перемѣнныхъ зарядовъ въ нихъ (по законамъ Кулона)—мы, слѣдовательно, должны утверждать, что между молекулами въ этомъ случаѣ существуютъ молекулярныя силы, причина которыхъ неразрывно связана съ процессами лучеиспусканiя". Онъ прибавляетъ далѣе: „утверждать, что всѣ молекулярныя силы обусловлены исключительно указанными электромагнитными силами, мы въ настоящее время не имѣемъ никакихъ основанiй, но мы не можемъ не указать на характерныя особенности ихъ: эти силы не зависятъ отъ массъ молекулъ, онѣ связаны съ индивидуальными (спектральными) свойствами ихъ и, кромѣ того, въ сильной степени зависятъ отъ температуры, т. е. обладаютъ именно тѣми свойствами, которыя мы приписываемъ молекулярнымъ силамъ въ явленiяхъ сцѣпленiя, растворенiя или химическихъ реакцiй. Вопросы, здѣсь затронутые, какъ казалось мнѣ, представляютъ большой интересъ, почему я и взялся за ихъ изученiе... Простѣйшею и ближайшею задачею естественно пред-

ставляется вопросъ о дѣйствіи простой (монохроматической) волны на отдѣльную покоющуюся молекулу, въ зависимости отъ отношенія періодовъ падающей волны и собственнаго періода молекулы. Рѣшенію этой задачи и были посвящены мои работы".

„Непосредственно и при томъ въ достаточно простой формѣ экспериментально изслѣдовать дѣйствіе свѣта на отдѣльныя молекулы какого либо тѣла не представляется возможности, а потому я обратился къ опытамъ съ длинными электромагнитными волнами Гертца, заставляя ихъ дѣйствовать на схематическую „молекулу", которая обладаетъ интересующими насъ свойствами—имѣть собственный періодъ колебанія—ею является подвѣшенный на крутильной нити резонаторъ. Измѣняя по желанію періоды колебанія резонатора, и заставляя падать на него электромагнитную волну опредѣленной длины, мы можемъ наблюдать образующіяся въ этомъ случаѣ пондеромоторныя силы и установить законы ихъ въ зависимости отъ резонанса".

Петръ Николаевичъ устроилъ двѣ различныя схематическія „молекулы": магнитный резонаторъ и электрическій резонаторъ. Магнитный резонаторъ представлялъ собою подвѣшенный вертикально на крутильной нити тонкій стеклянный стержень съ прикрѣпленнымъ къ нему маленькимъ зеркальцемъ и кругомъ самоиндукціи, состоявшимъ изъ четырехъ оборотовъ тонкой серебряной проволоки и соединеннымъ съ очень маленькимъ конденсаторомъ изъ двухъ параллельныхъ алюминіевыхъ листковъ (на подобіе стрѣлокъ квадрантныхъ электрометровъ Томсона). Емкость этого конденсатора можно было измѣнять, такъ какъ одинъ изъ алюминіевыхъ листковъ могъ быть поворачиваемъ относительно другого. Общій вѣсъ резонатора былъ всего 1 гр. На этотъ резонаторъ могли дѣйствовать только магнитныя силы электромагнитныхъ волнъ, излучаемыхъ магнитнымъ вибраторомъ. Этотъ вибраторъ самъ возбуждался первичнымъ проводникомъ представлявшимъ собою видоизмѣненіе вибратора Гертца, поэтому непосредственно располагался надъ нимъ. Онъ состоялъ изъ цинковой полосы (20 см. ширины и 65 см. длины), согнутой такъ, что ея концы, отдѣленные эбонитовою прокладкою, отстояли другъ отъ друга на раз-

стояніи около 2 мм., большая же часть той и другой половины полосы находилась одна отъ другой на разстояніи 7,5 см.

Электрическій резонаторъ укрѣплялся на вертикальномъ стеклянномъ стерженкѣ, снабженномъ зеркальцемъ и подвѣшенномъ на крутильной нити. Онъ представлялъ собою конденсаторъ, состоявшій изъ двухъ цилиндрическихъ квадрантовъ, приготовленныхъ, для уменьшенія момента инерціи, не изъ сплошныхъ металлическихъ пластинокъ, а изъ отдѣльныхъ алюминіевыхъ полосокъ (2 мм. шириною) по пяти съ каждой стороны, натянутыхъ между стеклянными рамками. Къ конденсатору былъ присоединенъ кругъ самоиндукція—длинный соленоидъ изъ очень тонкой серебряной проволоки, укрѣпленный на бумажной пластинкѣ. Общій вѣсъ этого резонатора былъ всего 0,8 гр. На него дѣйствовали лишь электрическія силы электромагнитныхъ волнъ, испускаемыхъ электрическимъ вибраторомъ. Послѣдній состоялъ изъ двухъ параллельныхъ цинковыхъ пластинокъ (40 × 40 см.), связанныхъ между собою металлическою полосою (20 см. ширины и 55 см. длины) и удерживаемыхъ другъ отъ друга на разстояніи 25 см. Онъ возбуждался также первичнымъ проводникомъ.

Опыты привели П. Н. Лебедева къ слѣдующимъ заключеніямъ:

1. Законы пондеромоторнаго дѣйствія волнъ на магнитные и электрическіе резонаторы тождественны.

2. Когда резонаторы настроены выше, то падающая на нихъ волна вращаетъ ихъ такъ, чтобы возбужденія ихъ увеличивалось; когда резонаторы настроены ниже, то вращеніе влечетъ за собою уменьшеніе возбужденія.

3. Наибольшія величины этихъ противоположныхъ силъ имѣютъ мѣсто въ непосредственной близости резонанса.

Эти опыты П. Н. Лебедева были раньше всего описаны въ статьѣ, напечатанной въ Annalen der Physik (т. 52, 1894 г.) подъ заглавіемъ: „Ueber die mechanische Wirkung der Wellen auf ruhende Resonatoren. I. Elektromagnetische Wellen.

Отъ изученія пондеромоторныхъ дѣйствій электромагнитныхъ волнъ П. Н. Лебедевъ перешелъ къ изученію ме-

ханическихъ дѣйствій, притяженій и отталкиваній, между осциллирующими резонаторами, помѣщенными въ водѣ.

Источникомъ колебаній служилъ шарикъ, укрѣпленный на стержнѣ, связанномъ съ колеблющимъ его элекродвигателемъ. Резонаторомъ служилъ упругій маятникъ, состоявшій изъ металлическаго шарика на плоской стальной пружинѣ. Оба шарика находились въ водѣ.

Для того, чтобы наблюдать пондеромоторныя силы, которыя обусловлены только колебаніемъ шариковъ независимо отъ всѣхъ другихъ силъ, которыя испытываютъ тѣла вблизи колеблющагося шарика, было взято тѣло, тождественное по своему внѣшнему виду съ резонаторомъ, но не имѣющее его періода колебаній; резонаторъ и компенсирующее его тѣло накрѣпко соединялись между собою, располагались симметрично относительно осциллирующаго шарика и подвѣшивались на крутильную проволоку. Угломъ крученія измѣрялась разность двухъ гидродинамическихъ силъ, которая обусловливалась исключительно колебаніемъ резонатора и была независима отъ другихъ внѣшнихъ особенностей резонатора.

Наблюденія дали слѣдующіе результаты:

1. Законы пондеромоторнаго дѣйствія осциллирующаго шарика на соотвѣтствующій резонаторъ тождественны какъ для продольныхъ, такъ и для поперечныхъ колебаній.

2. Когда резонаторъ выше настроенъ, то наблюдается притяженіе; когда онъ настроенъ ниже, то наблюдается отталкиваніе.

3. Наибольшія величины этихъ противоположныхъ пондеромоторныхъ силъ имѣютъ мѣсто въ непосредственной близости резонанса и непрерывно переходятъ другъ въ друга.

Эта работа П. Н. Лебедева напечатана въ Annalen der Physik (т. 59, 1896 г.) подъ заглавіемъ: „Ueber die ponderomotorische Wirkung der Wellen auf ruhende Resonatoren. II. Hydrodynamische Oscillationsresonatoren“.

Закончивъ изслѣдованіе электромагнитныхъ и гидродинамическихъ колебаній, П. Н. Лебедевъ обратился къ изученію пондеромоторныхъ дѣйствій звуковыхъ колебаній на соотвѣтствующіе имъ резонаторы.

Источникомъ звуковыхъ волнъ въ этихъ опытахъ служили продольныя колебанія стержней Кундта, резонаторами являлись тонкостѣнныя стеклянныя трубки, высоту собственнаго тона которыхъ можно было измѣнять передвиженіемъ пробковыхъ донышекъ ихъ. Пондеромоторныя силы, дѣйствующія на резонаторъ, измѣнялись угломъ крученія проволоки, на которой былъ подвѣшенъ изслѣдуемый резонаторъ.

Результаты, къ которымъ привели наблюденія, оказались слѣдующими:

1. Плоская звуковая волна вращаетъ резонаторъ такимъ образомъ, чтобы отверстіе его совпало съ плоскостью волны и, слѣдовательно, возбужденіе его увеличивалось, если резонаторъ настроенъ выше, и вращаетъ его въ обратную сторону, если онъ настроенъ ниже.

2. Максимумы этихъ противоположныхъ дѣйствій лежатъ вблизи резонанса.

3. Плоская волна, падающая на резонаторъ, стремится увести его въ направленіи движенія, т. е. источникъ звука производитъ отталкиваніе резонатора.

4. Это давленіе плоской волны на резонаторъ достигаетъ максимума при полномъ резонансѣ и при переходѣ чрезъ него не мѣняетъ знака.

5. Въ непосредственной близости къ источнику звука резонаторъ, настроенный выше источника, притягивается послѣднимъ, но онъ отталкивается имъ, если настроенъ ниже источника.

6. Максимумы этихъ противоположныхъ дѣйствій имѣютъ мѣсто вблизи резонанса.

Итакъ, изслѣдованія дѣйствій звуковыхъ волнъ на резонаторы установили тѣ же законы для этихъ дѣйствій, какіе соотвѣтствуютъ пондеромоторнымъ дѣйствіямъ электромагнитныхъ и гидродинамическихъ колебаній.

Опыты съ звуковыми колебаніями были описаны П. Н. Лебедевымъ въ статьѣ, помѣщенной въ Annalen der Physik (т. 62, 1897 г.) подъ заглавіемъ: „Ueber die ponderomotorische Wirkung der Wellen auf ruhende Resonatoren. III. Akustische Hohlresonatoren“.

Въ 1899 г. эти три работы были напечатаны вмѣстѣ въ одной статьѣ на русскомъ языкѣ подъ общимъ заглавіемъ: „Экспериментальное изслѣдованіе пондеромоторнаго дѣйствія волнъ на резонаторы“ (Москва, 1899 г.). Въ концѣ введенія къ этой статьѣ П. Н. Лебедевъ говоритъ, что его долгое время смущало то обстоятельство, что „въ непосредственной близости отъ источника законъ пондеромоторнаго дѣйствія акустической волны на ея резонаторъ тождественъ съ соотвѣтствующимъ закономъ для электромагнитныхъ, а также и для гидродинамическихъ колебаній, при постепенномъ же увеличеніи разстоянія это тождество постепенно стушевывается и его мѣсто занимаетъ новый законъ, совершенно отличный отъ предыдущаго. Такъ при малыхъ разстояніяхъ наблюдается вблизи резонанса при переходѣ чрезъ него измѣненіе отъ максимальнаго притяженія черезъ ноль (при полномъ резонансѣ) къ максимальному отталкиванію резонатора источникомъ, тогда какъ при увеличеніи разстоянія отъ послѣдняго притяженіе, понемногу сглаживаясь, наконецъ совершенно исчезаетъ и его мѣсто заступаетъ отталкиваніе (наибольшая величина котораго наблюдается при полномъ резонансѣ)“.

Это обстоятельство, однако, выяснилось, и теоретически можно показать, что, „на основаніи особенностей распредѣленія поляризаціи среды въ проходящей волнѣ, такой случай долженъ имѣть мѣсто и для электромагнитныхъ волнъ [1]) въ томъ случаѣ, если разстоянія между источникомъ и резонаторомъ будутъ достаточно велики; въ природѣ подобное явленіе (въ болѣе сложной формѣ) представляетъ собою отталкивательное дѣйствіе солнечныхъ лучей на газовыя молекулы кометныхъ хвостовъ“.

Слѣдующими словами заканчиваетъ П. Н. Лебедевъ введеніе къ этой своей статьѣ.

„Передъ нами открыто широкое поле: на основаніи полученныхъ результатовъ изучать болѣе сложные вопросы и, пользуясь непосредственнымъ опытомъ, повѣрять на немъ наши соображенія или изслѣдовать новыя, можетъ быть, неожиданныя особенности интересующихъ насъ пондеромотор-

[1]) См. Lebedew. Wied. Ann. 62 S. 170 (1897).

ныхъ силъ; осторожно и увѣренно двигаясь по этому пути, мы можемъ подготовить и рѣшеніе нашей главной задачи: пользуясь данными спектральнаго анализа, вычислить абсолютную величину силы взаимодѣйствія молекулъ какого нибудь тѣла, обусловленную ихъ взаимнымъ лучеиспусканіемъ".

Такая программа была намѣчена для дальнѣйшихъ работъ П. Н. Лебедевымъ въ 1899 г., и эта программа неуклонно проводилась имъ въ послѣдующіе годы, какъ въ собственныхъ изслѣдованіяхъ, такъ и въ трудахъ многочисленныхъ учениковъ его. Нельзя не отмѣтить значенія поставленной задачи, важности ея для развитія науки.

Въ то время, когда производились опыты надъ пондеромоторными дѣйствіями различнаго рода волнъ, П. Н. Лебедевъ успѣлъ сдѣлать еще одну работу, результаты которой изложены въ небольшой статьѣ, появившейся въ Annalen der Physik (т. 56, 1895 г.) подъ заглавіемъ „Ueber die Doppelbrechung der Strahlen elektrischer Kraft".

Въ этой работѣ П. Н. Лебедевъ какъ будто только повторилъ опыты Гертца съ электрическими колебаніями, но на самомъ дѣлѣ онъ констатировалъ совершенно новые, замѣчательные факты. Ему удалось приготовить вибраторъ, который давалъ электрическія волны длиною всего только въ 6 мм. Наименьшая длина электрической волны, которую получалъ въ своихъ опытахъ Гертцъ, равнялась приблизительно 66 см. Позже Риги, употребляя въ качествѣ вибратора два латунныхъ шарика, діаметромъ въ 1,36 мм., помѣщенные въ вазелиновомъ маслѣ, получилъ волны, длина которыхъ въ воздухѣ была уже въ 7,5 см. П. Н. Лебедевъ достигъ возбужденія волнъ въ $12^1/_2$ разъ болѣе короткихъ. При такихъ малыхъ по длинѣ волнахъ всѣ нужныя для опытовъ части, какъ то зеркала, призмы, рѣшетки, кристаллы могли имѣть размѣры не больше тѣхъ, какіе употребляются при обыкновенныхъ оптическихъ наблюденіяхъ. И Петръ Николаевичъ показалъ, что электрическіе лучи не только обнаруживаютъ поляризацію, претерпѣваютъ интерференцію, распространяются прямолинейно, испытываютъ отраженіе (у него зеркало для отраженія имѣло размѣры 2×2 см.), преломленіе (призма для опытовъ съ преломле-

ніемъ была приготовлена изъ эбонита и имѣла высоту 1,8 см., ширину 1,2 см. и преломляющій уголъ 45°, она вѣсила около 2 гр., призма Гертца изъ смолы имѣла вѣсъ въ 600 кгр.), но и подвергаются въ кристаллахъ двойному преломленію. Онъ наблюдалъ двойное преломленіе электрическихъ лучей въ кристаллахъ ромбической сѣры. Онъ опредѣлилъ показатели преломленія сѣры для обыкновенныхъ и необыкновенныхъ электрическихъ лучей. Онъ приготовилъ, наконецъ, николеву призму для электрическихъ лучей. Параллелепипедъ изъ кристаллической сѣры (2 × 1,8 × 1,2 см.) съ ребрами, параллельными діэлектрическимъ осямъ сѣры, былъ разрѣзанъ на двѣ части такъ, что плоскость разрѣза проходила чрезъ наибольшую діэлектрическую ось и составляла съ наименьшею осью уголъ въ 50°. Эти части были опять соединены вмѣстѣ съ проложенною между ними пластинкою, 1,8 мм. толщины, изъ эбонита. Электрическіе лучи, падавшіе на такую призму въ направленіи параллельномъ средней діэлектрической оси, раздвоялись на два пучка, но изъ этихъ пучковъ могъ выходить только тотъ въ которомъ колебанія были параллельны наименьшей діэлектрической оси, другой же пучекъ претерпѣвалъ полное отраженіе отъ эбонита. П. Н. Лебедевъ приготовилъ еще пластинку „въ четверть волны". Такая пластинка была сдѣлана изъ кристалла сѣры. При помощи этой пластинки онъ имѣлъ возможность сообщить электрическимъ лучамъ круговую поляризацію.

Такимъ образомъ этою своею работою П. Н. Лебедевъ окончательно доказалъ, что всѣ наиболѣе существенные явленія свѣта имѣютъ аналогичными себѣ явленія и въ электромагнитныхъ лучахъ. что оптика представляетъ собою лишь главу ученія объ электромагнитизмѣ.

Такой важный результатъ могъ быть полученъ только при выдающихся экспериментаторскихъ способностяхъ. Нужно было съумѣть приготовить вибраторъ, дававшій волны въ 6 мм. длиною, нужно было съумѣть и уловить такія волны. Вибраторъ былъ сдѣланъ изъ двухъ кусочковъ платиновой проволоки, имѣвшихъ каждый длину въ 1,3 мм. и толщину 0,5 мм. Эти кусочки были впаены въ концы двухъ стеклянныхъ трубокъ. Электричество сообщалось имъ, какъ и въ вибраторахъ Риги, при посредствѣ искръ. Резонаторомъ слу-

жили два металлическихъ стерженка, длиною каждый въ 3 мм. Обращенные другъ къ другу концы этихъ стерженковъ соединялись другъ съ другомъ при помощи припаенныхъ къ нимъ двухъ петелекъ, одной изъ желѣзной проволоки, другой изъ проволоки константана (діаметръ проволокъ около 0,01 мм.). Эти двѣ петельки образовывали собою термоэлектрическій элементъ, нагрѣваніе котораго электрическими колебаніями, возникавшими въ резонаторѣ, наблюдалось при помощи весьма чувствительнаго гальванометра, соединеннаго съ обоими стерженками. Въ статьѣ, въ которой описаны эти опыты съ электрическими колебаніями, подробно сообщены П. Н. Лебедевымъ и всѣ пріемы, къ которымъ пришлось прибѣгнуть ему при приготовленіи вибратора и резонатора. Эта статья ясно указываетъ, насколько велико было у П. Н. Лебедева искусство ставить весьма деликатные опыты. Работа съ электрическими колебаніями и изслѣдованія пондеромоторныхъ дѣйствій волнъ были правильно оцѣнены физико-математическимъ факультетомъ Московскаго университета. Факультетъ постановилъ допустить П. Н. Лебедева прямо къ соисканію степени доктора физики, безъ предварительнаго полученія степени магистра, и по защитѣ диссертаціи, каковою была представлена П. Н. Лебедевымъ его статья „Экспериментальное изслѣдованіе пондеромоторнаго дѣйствія волнъ на резонаторы“, удостоилъ его этой степени.

Вскорѣ послѣ этого 28-го февраля 1900 г. П. Н. Лебедевъ былъ назначенъ экстраординарнымъ профессоромъ.

Кромѣ приведенныхъ работъ, П. Н. Лебедевымъ въ теченіе девятидесятыхъ годовъ опубликованы еще двѣ статьи. Въ 1896 г. была напечатана въ Annalen der Physik (т. 58) маленькая замѣтка „Notiz über den Betrieb der Inductorien und Stimmgabeln von Gleichstromcentralen“, въ которой сообщалось, какъ можно пользоваться станціоннымъ токомъ для лабораторныхъ цѣлей. Въ 1899 г. въ журналѣ Русскаго физико-химическаго общества (физическая часть) была помѣщена статья „Приборъ для проложенія звуковыхъ колебаній“. Существенною частью этого лекціоннаго прибора П. Н. Лебедева служитъ тонкая пробковая пластинка съ прикрѣпленнымъ къ ней при помощи особой вилки тонкимъ

зеркальцемъ. Отраженный отъ этого зеркальца пучекъ свѣта падаетъ на вращающуюся призму, составленную изъ 12 плоскихъ зеркалъ, и проектируется при посредствѣ линзы на экранъ.

Раньше въ 1894 г. въ VII томѣ трудовъ отдѣленія физическихъ наукъ Императорскаго общества любителей естествознанія былъ напечатанъ П. Н. Лебедевымъ некрологъ его любимаго учителя, проф. Августа Кундта. Въ этомъ некрологѣ П. Н. Лебедевъ далъ полную характеристику Кундта, какъ выдающагося, талантливѣйшаго экспериментатора и превосходнѣйшаго учителя. Но то, на что обращаетъ вниманіе П. Н. Лебедевъ, тѣ фразы Кундта, какія приводитъ здѣсь онъ, ясно рисуютъ и личность самаго автора. Весьма многое, что содержится въ этомъ некрологѣ, вполнѣ можетъ быть отнесено и къ самому Петру Николаевичу.

Въ концѣ девятидесятыхъ годовъ П. Н. Лебедевъ приступилъ къ рѣшенію наиболѣе сильно интересовавшаго его вопроса, къ изслѣдованію давленія лучей свѣта на освѣщаемую ими поверхность твердаго тѣла. Не мало было сдѣлано попытокъ обнаружить это давленіе. Такіе опыты были произведены еще въ XVIII столѣтіи; такъ De Mairan и Du Fay въ 1754 г. старались доказать существованіе свѣтового давленія, позже, въ 1792 г., подобное же пробовалъ получить Беннетъ. Согласно корпускулярной теоріи Ньютона, свѣтъ несомнѣнно долженъ былъ дѣйствовать механически, онъ долженъ былъ оказывать давленіе на ту поверхность, на которую падалъ. Старанія Де-Мерана и Беннета не увѣнчались успѣхомъ. Такъ же точно оказались безрезультатными и аналогичные опыты Френеля въ 1825 г., Цёльнера въ 1877 г. и Бартоли въ 1883 г. Казалось, что Круксу удалось въ 1874 г. наблюдать эффектъ свѣтового давленія въ его извѣстномъ радіометрѣ. Но очень скоро выяснилось, что движеніе колесика радіометра вызывается не непосредственно свѣтомъ, а является результатомъ давленія молекулъ оставшагося въ приборѣ газа. Какъ извѣстно, это наблюденіе Крукса привело къ открытію особыхъ такъ называемыхъ радіометрическихъ силъ. Экспериментаторскій талантъ П. Н. Лебедева далъ возможность обнаружить то, что тщетно стремились подмѣтить всѣ только что названные наблюдатели.

Петръ Николаевичъ не только доказалъ существованіе свѣтового давленія, онъ количественно опредѣлилъ его и былъ въ состояніи сравнить наблюденное давленіе съ тѣмъ, какое предсказываетъ теорія.

Первое, предварительное, сообщеніе объ этомъ замѣчательномъ изслѣдованіи П. Н. Лебедевымъ было сдѣлано въ августѣ 1900 г. на международномъ конгрессѣ физиковъ въ Парижѣ; на русскомъ языкѣ это сообщеніе напечатано въ журналѣ Русскаго физико-химическаго общества (часть физическая) т. 32, стр. 211, 1900 г. подъ ззглавіемъ: „Максвелло-Бартоліевскія силы давленія лучистой энергіи". Болѣе подробный докладъ былъ прочитанъ въ засѣданіи физическаго отдѣленія русскаго физико-химическаго общества 30 октября 1901 г. Полное изложеніе опытовъ находится въ статьѣ „Опытное изслѣдованіе свѣтового давленія", напечатанной въ журналѣ Русскаго физико-химическаго общества (часть физическая) т. 33, стр. 53, 1901 г., а также въ Annalen der Physik, 6. S. 433, 1901 г. подъ заглавіемъ: „Untersuchungen über die Druckkräfte des Lichtes".

Поразительно просто было достигнуто въ опытахъ П. Н. Лебедева устраненіе тѣхъ вліяній, какія маскируютъ явленіе и препятствуютъ наблюдать само давленіе свѣта. Слѣдующій небольшой отрывокъ изъ первой статьи даетъ представленіе о сущности способа, примѣненнаго въ этихъ опытахъ.

„Обнаруженію силъ Maxwell-Bartoli препятствуютъ значительныя затрудненія. Опытъ показываетъ, что на тѣла, на которыя падаетъ лучистая энергія, начинаютъ дѣйствовать разныя силы, происходящія отъ нагрѣванія тѣла и обусловленныя газами и парами, окружающими это тѣло; эти добавочныя силы, которыя могутъ при извѣстныхъ обстоятельствахъ значительно превосходить силы Maxwell-Bertoli, могутъ быть сведены къ двумъ независимъ дѣйствіямъ. Во-первыхъ, это суть силы, обусловленныя переносомъ (конвекціею) газа, который, нагрѣваясь вблизи тѣла, начинаетъ подыматься кверху и увлекаетъ тѣло въ ту или другую сторону, силы уже замѣченныя Fresnel'емъ. Во-вторыхъ, это суть силы радіометрическія, которыя были открыты и изслѣдованы Crookes'омъ; эти силы обусловлены

разностью температуръ сторонъ тѣла, освѣщенной и находящейся въ тѣни, и зависятъ также отъ кривизны поверхности тѣла и непосредственнаго сосѣдства другихъ поверхностей.

Чтобы исключить эти пертурбирующія силы, опытъ былъ расположенъ слѣдующимъ образомъ: въ большомъ стеклянномъ баллонѣ (діаметромъ въ 20 см.) на тонкой стеклянной крутильной нити былъ подвѣшенъ (вертикальный) стеклянный стержень, на которомъ были укрѣплены двѣ пары крылышекъ изъ платиновой жести. (Плоскости крылышекъ были вертикальны). Каждая пара крылышекъ состояла изъ двухъ кружковъ (діаметромъ въ 5 мм.), центры которыхъ находились на разстояніи 10 мм. отъ оси вращенія. Одинъ изъ кружковъ каждой пары былъ металлически блестящій съ двухъ сторонъ; другіе два были электролитически покрыты платиновой чернью, также каждый съ двухъ сторонъ. Обѣ пары крылышекъ разнились только толщиною жести (0,10 мм. и 0,02 мм.); болѣе толстое подвергалось и въ пять разъ болѣе долгому платинированію. Стеклянный стержень былъ снабженъ зеркаломъ для наблюденія трубой и шкалой угла крученія нити.

Для того, чтобы исключить пертурбирующія силы переноса (конвекціи) газа, которыя зависятъ отъ разницы температуръ крылышка и стекляннаго баллона и не зависятъ отъ направленія пучка свѣта, нагрѣвающаго крылышко, было принято такое расположеніе опыта, что свѣтъ дуговой лампы (30 амп.) можно было направлять на ту или другую сторону крылышка при помощи системы зеркалъ и линзъ простымъ передвиженіемъ (на салазкахъ) двойного зеркала (два зеркала, соединенныя подъ прямымъ угломъ). Разница отклоненій въ этихъ двухъ случаяхъ не зависятъ отъ конвекціи.

Для уменьшенія пертурбирующихъ радіометрическихъ дѣйствій опытъ былъ поставленъ въ такія условія, чтобы эти силы были по возможности малы: діаметръ стекляннаго баллона была достаточно великъ и крылышки были сдѣланы изъ плоскаго платиноваго листа для того, чтобы избѣжать вліянія кривизны поверхности. Дѣйствіе радіометрическихъ силъ, которое обусловлено разницею температуръ двухъ поверхностей освѣщаемаго кружка,

можетъ быть исключено простымъ подсчетомъ, который основывается на сравненіи отклоненій, даваемыхъ крылышкомъ толстымъ (въ 0,10 мм.) и крылышкомъ тонкимъ (въ 0,02 мм.) — разницы температуръ и, слѣдовательно, величины радіометрическихъ силъ въ первомъ случаѣ въ пять разъ больше, чѣмъ во второмъ; отсюда мы можемъ вычислить на основаніи полученныхъ опытовъ, какъ велико было бы отклоненіе для безконечно-тонкаго крылышка, для котораго радіометрическое дѣйствіе равняется нулю.

Для того, чтобы сдѣлать наблюденія возможными, необходимо уменьшить, какъ конвекціонныя, такъ и радіометрическія силы, достигая возможно большаго разрѣженія (въ баллонѣ)"...

Нужно замѣтить, что теорія показываетъ, что свѣтовое давленіе на какую-либо поверхность выражается формулою

$$p = \frac{E}{V}(1 + \rho).$$

Здѣсь E обозначаетъ количество энергіи, падающей на данную поверхность въ теченіе 1-й секунды, V обозначаетъ скорость свѣта, ρ обозначаетъ коэффиціентъ отраженія свѣта этою поверхностью. Для абсолютно чернаго тѣла $\rho = o$, для абсолютно отражающаго свѣтъ тѣла этотъ коэффиціентъ равняется единицѣ.

Насколько трудны наблюденія надъ свѣтовымъ давленіемъ, можно видѣть изъ того, что, пользуясь приведенною формулою, мы находимъ величину давленія пучка солнечныхъ лучей, падающихъ нормально на поверхность въ 1 кв. метръ, въ случаѣ вполнѣ поглощающей поверхности равною всего только 0,4 мгр. и въ случаѣ вполнѣ отражающей поверхности равною 0,8 мгр. Давленіе свѣта, какое производилось на крылышко прибора П. Н. Лебедева, было равно всего только 0,0000308 дина.

П. Н. Лебедевъ въ своихъ опытахъ измѣрялъ падающую на крылышко его прибора энергію при помощи маленькаго калориметра, представлявшаго собою кусокъ мѣди въ 30 гр., внутри котораго помѣщался резервуаръ термометра. По нагрѣванію этого калориметра являлась возможность

опредѣлять количество дѣйствующей на крылышко прибора свѣтовой энергіи.

Многочисленные опыты Петра Николаевича дали возможность ему придти къ слѣдующимъ заключеніямъ.

1. „Падающій пучокъ свѣта производитъ давленіе какъ на поглощающія, такъ и на отражающія поверхности; эти пондеромоторныя силы не связаны съ уже извѣстными вторичными конвекціонными и радіометрическими силами, вызываемыми нагрѣваніемъ.

2. Силы давленія свѣта прямо пропорціональны энергіи падающаго луча и не зависятъ отъ цвѣта.

3. Наблюденныя силы давленія свѣта, въ предѣлахъ погрѣшности наблюденій, количественно равны Максвелло-Бартоліевымъ силамъ давленія лучистой энергіей.

Такимъ образомъ существованіе Максвелло-Бартоліевыхъ силъ давленія опытнымъ путемъ установлены для лучей свѣта".

Этими словами заканчиваетъ П. Н. Лебедевъ свою замѣчательную статью.

Открытіе П. Н. Лебедева было подтверждено черезъ годъ, т. е. въ 1901 г., американскими физиками Никольсомъ и Хулломъ (Nichols and Hull). Оно доставило ему всемірную извѣстность и было премировано Императорскою Академіею Наукъ.

П. Н. Лебедевъ не ограничился однако полученными результатами, доказательствомъ существованія свѣтового давленія на поверхности твердыхъ тѣлъ и полнымъ подтвержденіемъ теоретическихъ предсказаній; онъ не остановился передъ еще большими экспериментальными трудностями и приступилъ къ рѣшенію задачи о свѣтовомъ давленіи на газы. Болѣе трехъ лѣтъ упорныхъ трудовъ, и эта задача получила свое рѣшеніе. Было обнаружено свѣтовое давленіе и на газы. Блестяще была доказана правильность гипотезы Кеплера, высказанная послѣднимъ еще триста лѣтъ тому назадъ.

Въ девятисотыхъ годахъ, П. Н. Лебедевъ, несмотря на частыя заболѣванія, немало мѣшавшія ему работать, успѣлъ, кромѣ главной своей работы, сдѣлать еще и другія нѣкоторыя изслѣдованія. Такъ онъ занялся вопросомъ объ увели-

ченіи чувствительности термоэлемента и, на основаніи опытовъ, пришелъ къ заключенію, что помѣщеніе термоэлемента въ разрѣженное пространство значительно усиливаетъ чувствительность. Термоэлементъ изъ платины и константана (діам. проволокъ 0,025 мм.), находящійся въ сосудѣ, въ которомъ упругость воздуха доведена до 0,01 мм., оказывается, когда онъ зачерненъ, въ 7 разъ чувствительнѣе, и когда онъ не зачерненъ, въ 25 разъ чувствительнѣе, чѣмъ въ случаѣ нахожденія своего въ воздухѣ обыкновенной упругости. Эти опыты описаны въ статьѣ, напечатанной въ Annalen der Physik (т. 9, 1902 г.) подъ заглавіемъ „Vacuumthermoelement als Strahlungsmesser".

Въ томъ же журналѣ т. 11, 1903 г. напечатана статья „Ueber eine Abänderung des Rowland-Gilbertschen Versuches. Въ этой статьѣ П. Н. Лебедевъ описываетъ свой опытъ, имѣвшій цѣлью обнаружить возникновеніе въ проводникѣ тока при очень быстромъ движеніи этого проводника въ эѳирѣ. 500 проволокъ изъ мѣди (діам. 1,5 мм) были соединены со столькими же проволоками изъ никеля (діам. 2,35 мм.) такъ, какъ соединяются два различныхъ металла въ термоэлектрическомъ столбикѣ. Длина каждой проволоки была 75 см. Концы такого пучка проволокъ, помѣщенныхъ внутри деревяннаго ящика, были присоединены къ чувствительному гальванометру. Если движеніе проводника параллельно его длинѣ вызываетъ электродвижущую силу (гипотеза Роуленда), то таковая должна, очевидно, при одинаковыхъ условіяхъ возбуждать не одинаковую разность потенціаловъ на концахъ двухъ проводниковъ различнаго вещества. Ящикъ съ провѣлоками помѣщался по направленію движенія земли и затѣмъ перпендикулярно послѣднему. Опыты дали отрицательный результатъ. Если и возникала электродвижущая сила, то она должна была быть менѣе 3×10^{-8} вольта.

Первое, предварительное, сообщеніе объ опытахъ, уже давшихъ положительный результатъ и обнаружившихъ давленіе свѣта на газообразное тѣло, было прочитано въ засѣданіи отдѣла физики 1-го Менделѣевскаго съѣзда 27-го декабря 1907 г. Болѣзнь помѣшала П. Н. Лебедеву пріѣхать въ Петербургъ и самому сдѣлать докладъ о своихъ опытахъ; онъ прислалъ лишь очень краткое описаніе метода.

„Если изслѣдуемый газъ **вполнѣ** поглощаетъ всѣ падающіе на него лучи, онъ является абсолютно чернымъ тѣломъ и долженъ испытывать отъ свѣта давленіе, подчиняющееся закону Максвелла: $p = \frac{E}{V}$.

Лучи, не поглощаемые газомъ, не могутъ производить на газъ какое-либо замѣтное дѣйствіе.

Поэтому, если на газъ падаетъ въ одну секунду количество свѣтовой энергіи E, а изъ нея только часть α поглощается газомъ, то давленіе на газъ должно выражаться формулою

$$p = \frac{\alpha E}{V}.$$

Здѣсь, какъ и въ вышеприведенной формулѣ, V обозначаетъ скорость свѣта.

Каждая молекула газа будетъ въ этомъ случаѣ испытывать давленіе, т. е. она будетъ испытывать силу, стремящуюся двигать ее по направленію пучка лучей свѣта“.

Чтобы обнаружить эту силу, П. Н. Лебедевъ примѣнилъ слѣдующій, замѣчательный по оригинальности, пріемъ.

Изслѣдуемый газъ, довольно сильно поглощающій свѣтъ (въ первыхъ опытахъ такимъ газомъ былъ взятъ ацетиленъ или углекислота), заключается въ небольшаго размѣра металлическій сосудъ, имѣющій на двухъ противоположныхъ сторонахъ флуоритовыя оконца. Внутри этотъ сосудъ раздѣленъ вертикальною металлическою перегородкою, не доходящею до флуоритовыхъ оконъ. Такимъ образомъ внутри сосуда имѣются два сообщающихся другъ съ другомъ отдѣленія. Если вдоль перваго отдѣленія изъ передняго окошка пропустить сквозь газъ горизонтальный пучекъ лучей, то въ случаѣ существованія свѣтоваго давленія газъ всею своею массою долженъ прійти въ движеніе по направленію свѣтового пучка и, дойдя до задняго окошка, долженъ накопляться тамъ и затѣмъ стекать въ сосѣднее отдѣленіе, сквозь которое свѣтъ не проходитъ. Въ этомъ отдѣленіи газъ долженъ двигаться обратно, чтобы снова около передняго окошка втекать сбоку въ пучекъ свѣта въ первомъ отдѣленіи.

Чтобы обнаружить и измѣрить давленіе, которое испытываетъ газъ отъ проходящихъ чрезъ него лучей, потокъ газа во второмъ отдѣленіи преграждается легко подвижнымъ поршнемъ, подвѣшеннымъ къ коромыслу крутильныхъ вѣсовъ. Отклоненіе этого коромысла и даетъ мѣру давленія свѣта p, которое испытываетъ газъ въ направленіи распространенія свѣта.

Для исключенія случайныхъ явленій, наблюденіе производится при двухъ прямопротивоположныхъ направленіяхъ падающаго свѣта, т. е. одинъ разъ свѣтъ входитъ въ газъ черезъ переднее окно, другой разъ онъ проникаетъ въ послѣдній чрезъ заднее окно. Измѣненіе направленія падающаго свѣта достигается особымъ приспособленіемъ системы плоскихъ и вогнутыхъ зеркалъ; достаточно нажать на резиновую грушу и одно плоское зеркало замѣняется другимъ, а этимъ производится измѣненіе направленія пучка свѣта. Источникомъ свѣта служитъ Лампа Нернста.

Измѣривъ калориметрически величину E и опредѣливъ при помощи термоэлементовъ коэффиціентъ поглощенія свѣта газомъ α, можно провѣрить теоретически предсказанное соотношеніе $p = \frac{\alpha E}{V}$.

Таковъ методъ, при помощи котораго П. Н. Лебедеву удалось получить полное подтвержденіе ожидавшагося. Этотъ методъ по его необычайной простотѣ является классическимъ.

Предварительное сообщеніе П. Н. Лебедева объ опытахъ, произведенныхъ по этому методу, напечатано въ журналѣ Р. Ф. Х. О. (физическій отдѣлъ) т. 40, 1908 г. подъ заглавіемъ „О давленіи свѣта на газы“.

Болѣе подробное изложеніе изслѣдованій по этому давленію П. Н. Лебедевъ сдѣлалъ на засѣданіи секціи физики XII съѣзда русскихъ естествоиспытателей и врачей въ Москвѣ, 4-го января 1910 г. Статья объ этомъ напечатана въ журналѣ Р. Ф. Х. О. (физическій отдѣлъ) т. 42, 1910 г. подъ заглавіемъ „Опытное изслѣдованіе давленія свѣта на газы“ — и въ Annalen der Physik т. 32, 1910 г. подъ заглавіемъ „Die Druckkräfte des Lichtes auf Gase [1]).

[1]) Въ этой статьѣ описаны всѣ частности опытовъ.

Насколько трудны должны были быть эти опыты, можно видѣть изъ величины давленія, которое измѣрялось въ дѣйствительности поршневымъ приборомъ. Наибольшее давленіе (въ смѣси бутана и водорода), разсчитанное на 1 кв. см., было всего четыре съ небольшимъ милліонныхъ долей дина. Въ опытахъ изслѣдовались слѣдующіе газы, всегда въ смѣси съ водородомъ (для достиженія большей равномѣрности температуры): метанъ, пропанъ, бутанъ, этиленъ, ацетиленъ и углекислота.

Эта работа П. Н. Лебедева заслужила всеобщее признаніе. П. Н. Лебедевъ былъ удостоенъ очень высокой чести. Онъ былъ избранъ почетнымъ членомъ Королевскаго Института (въ Лондонѣ).

Въ 1909, 1910 и 1911 гг. П. Н. Лебедевъ напечаталъ въ журналѣ Р. Ф. Х. О. (физическій отдѣлъ) слѣдующія небольшія замѣтки и статьи: „Еще разъ по поводу наблюденій Н. П. Мышкина", т. 41, 1909 г.; „Фонометръ", т. 41, 1909 г.—описаніе прибора, дающаго возможность объективно сравнивать силы звуковъ различныхъ звуковыхъ источниковъ и основаннаго на давленіи, производимомъ звуковою волною. По поводу ст. В. К. Лебединскаго „Изслѣдованіе работы трансформатора перемѣннаго тока" т. 42, 1910 г.; „Абсолютная величина давленія солнечнаго свѣта на земную атмосферу" т. 42, 1910 г.—полагая, что коэффиціентъ абсорбціи воздуха для лучей свѣта α равняется $^1/_3$, что солнечная постоянная равняется 3 кал. въ 1 м. на 1 кв. см., П. Н. Лебедевъ находитъ по формулѣ $p = \frac{\alpha E}{V}$ для давленія солнечныхъ лучей на 1 кв. см, величину p равною 0,000023 динъ; т. 43, 1911 г.—вслѣдствіе внутренняго тренія и теплопроводности газовъ амплитуда звуковыхъ колебаній уменьшается по мѣрѣ дальнѣйшаго распространенія звуковой волны; на основаніи непосредственныхъ измѣреній Н. Неклепаева, ученика П. Н. Лебедева, величины постоянной, входящей въ коэффиціентъ затуханія, оказывается, что звуковыя волны длиною въ десятыя миллиметра, весьма близки къ предѣльнымъ волнамъ: „Спектрографъ для ультракрасныхъ лучей" т. 43, 1911 г.—описаніе чрезвычайно остроумно спроектированнаго прибора, дающаго возможность при по-

мощи видоизмѣненнаго микрорадіометра Бойса изслѣдовать непрерывно распредѣленіе энергіи въ спектрѣ (самый приборъ былъ демонстрированъ во время 2-го Менделѣевскаго съѣзда).

Послѣдняя статья П. Н. Лебедева, носящая заглавіе „Магнитометрическое изслѣдованіе вращающихъ тѣлъ“ (первое сообщеніе), напечатана въ журналѣ Р. Ф. Х. О. т. 43, вып. 9, 1911 г.

Въ этой статьѣ описаны опыты, предпринятые П. Н. Лебедевымъ съ цѣлью провѣрки двухъ близкихъ другъ къ другу гипотезъ о причинѣ магнетизма земного шара. Существованіе магнитныхъ силъ на земной поверхности можно разсматривать какъ результатъ конвекціонныхъ токовъ, представляющихъ собою движенія около земной оси, вслѣдствіе вращенія земли, положительныхъ и отрицательныхъ зарядовъ, отдѣлившихся другъ отъ друга внутри каждаго атома— по гипотезѣ Сётсерлэнда—вслѣдствіе гравитаціонныхъ силъ,— по гипотезѣ П. Н. Лебедева —подъ вліяніемъ центробѣжныхъ ускореній. При помощи весьма остроумнаго расчета и непосредственнаго предварительнаго опыта П. Н. Лебедевъ убѣдился, что въ случаѣ вѣрности той или другой гипотезы кольцо, діаметромъ въ 6 см. и высотою въ 2 см., вращающееся около вертикальной оси со скоростью 30.000 оборотовъ въ 1 минуту, должно производить замѣтное дѣйствіе на магнетометръ. Опыты, произведенные съ вращающимися съ такою скоростью кольцами изъ латуни, алюминія, эбонита, воды и бензола, не обнаружили возникновенія дѣйствія на магнетометръ, они не подтвердили правильности той или другой гипотезы. „Но“, пишетъ въ своей статьѣ П. Н. Лебедевъ: „указанными двумя гипотезами далеко еще не исчерпывается возможная связь движенія матеріи съ образованіемъ магнитныхъ полей, которую мы наблюдаемъ въ случаѣ солнечныхъ пятенъ (явленіе, открытое Хелемъ (Hale) и явленій нормальнаго геомагнетизма). Другія гипотезы, которыя могутъ быть сдѣланы относитетьно этой связи и которыя достаточны для объясненія магнитныхъ силъ очень большихъ двигающихся массъ, заставляютъ ожидать, что при условіяхъ и размѣрахъ описанныхъ выше опытовъ могутъ возникнуть только очень слабыя магнитныя

поля, которыя не могутъ быть обнаружены магнетометрически: для провѣрки такихъ гипотезъ самую схему опытовъ надо измѣнить, чтобы получить достаточную чувствительность измѣренiй, во много разъ большую той, которой можно было пользоваться при описанныхъ выше предварительныхъ изслѣдованiяхъ".

Какъ видно, вопросъ, поставленный П. Н. Лебедевымъ въ этой его работѣ,—большой важности. Останься живъ Петръ Николаевичъ, и мы навѣрно получили бы отъ него рѣшенiе этого вопроса. Его талантъ преодолѣвать экспериментальныя затрудненiя далъ бы ему возможность обнаружить и тѣ малыя силы, какiя несомнѣнно должна испытывать магнитная стрѣлка отъ вращающагося твердаго тѣла. П. Н. Лебедевъ сумѣлъ уловить свѣтовое давленiе въ газахъ, онъ навѣрно сумѣлъ бы замѣтить и дѣйствiе волчка на магнитъ.

Безвременная кончина прекратила необычайно плодотворную дѣятельность этого выдающагося ученаго, она лишила науку многаго, что навѣрно было бы осуществлено покойнымъ. Не мало было задумано изслѣдованiй у П. Н. Лебедева. Онъ не скрывалъ своихъ мыслей и любезно дѣлился ими со своими собратьями по наукѣ. Я никогда не забуду XII съѣзда Русскихъ естествоиспытателей и врачей въ Москвѣ, когда по цѣлымъ днямъ мы оставались въ лабораторiи П. Н. Лебедева, и онъ съ необычайнымъ увлеченiемъ сообщалъ намъ о своихъ различныхъ опытахъ и о томъ, что думалъ онъ дѣлать дальше. П. Н. Лебедевъ былъ въ истинномъ смыслѣ ученый и въ истинномъ смыслѣ профессоръ. Наука и университетъ—это было все для него. Какое было бы счастiе для Россiи, если бы всѣ относились къ университету, этому храму науки, такъ, какъ относился къ нему П. Н. Лебедевъ!

Но сила П. Н. Лебедева проявилась не только въ его собственныхъ изслѣдованiяхъ, въ томъ, что самъ онъ далъ наукѣ. Петръ Николаевичъ обладалъ замѣчательною способностью привлекать къ себѣ особенно способныхъ учениковъ, умѣлъ вселять въ нихъ беззавѣтную преданность наукѣ, настойчивость и упорство въ достиженiи намѣченной цѣли. Онъ внимательно слѣдилъ за работою каждаго своего практи-

канта, помогалъ совѣтами, поддерживалъ энергію при всякихъ неудачахъ. И работа кипѣла въ его лабораторіи; десятки практикантовъ по цѣлымъ днямъ, а нерѣдко и по ночамъ занимались опытами при самыхъ неблагопріятныхъ гигіеническихъ условіяхъ.

Въ огромномъ зданіи Физическаго института Московскаго университета лабораторіи Лебедева нашлось помѣщеніе только въ сыромъ подвалѣ. И въ этомъ подвалѣ велись интереснѣйшія изслѣдованія. Нельзя не отмѣтить, что темы, предлагавшіяся практикантамъ П. Н. Лебедевымъ, были объединены вполнѣ опредѣленною идеею. Вся лабораторія изучала какой-либо вопросъ съ различныхъ сторонъ его. И не мало цѣнныхъ результатовъ было получено въ этой лабораторіи. Въ журналѣ Русскаго физико-химическаго общества за время съ 1903 г. по 1911 г. напечатаны слѣдующія работы, исполненныя въ этой лабораторіи: В. Я. Альтбергъ. „О давленіи звуковыхъ волнъ и объ абсолютномъ измѣреніи силы звука“ (т. 35); Н. Копцовъ. „О давленіи волнъ, распространяющихся по поверхности жидкости“ (т. 37); В. Д. Зерновъ. „Сравненіе методовъ абсолютнаго измѣренія силы звука“ (т. 38); В. Я. Альтбергъ. „О короткихъ акустическихъ волнахъ при искровыхъ разрядахъ конденсаторовъ“ (т. 39); П. П. Лазаревъ. „Выцвѣтаніе пигментовъ въ видимомъ спектрѣ“ (т. 39); В. Д. Зерновъ. „Объ абсолютномъ измѣреніи силы звука“ (т. 40); Н. Щодро. „Зеркальные опыты Гертца съ дугою Дудделя“ (т. 42); П. П. Лазаревъ. „О вліяніи разности фазъ на слуховыя ощущенія“ (т. 42); А. Млодзѣевскій. „Измѣренія скорости звука для тоновъ отъ 10.000 до 33.000 колебаній въ секунду“ (т. 42); П. П. Лазаревъ. „Іонная теорія возбужденія“ (т. 42); П. П. Лазаревъ, „О скачкѣ температуры при теплопроводности на границѣ твердаго тѣла и газа“ (т. 43); Н. Неклепаевъ. „Изслѣдованіе поглощенія короткихъ акустическихъ волнъ въ воздухѣ“ (т. 43); Т. Кравецъ. „Объ одномъ возможномъ различіи между спектрами испусканія и поглощенія“ (т. 43); П. Кандидовъ. „Объ электрокапиллярныхъ явленіяхъ на границѣ несмѣшивающихся жидкостей“ (т. 43); В. Сребницкій. „Скорость распространенія химическихъ процессовъ“ (т. 43); Б. Ильинъ. „Провѣрка приложимости закона Бойль-Маріотта и Гей-Люс-

сака для эмульсіи" (т. 43) (послѣднія три работы выполнены въ лабораторіи П. Н. Лебедева, но темы были предложены П. П. Лазаревымъ). Отдѣльно напечатана еще работа В. Эсмарха. „Изслѣдованіе магнитной защиты сложныхъ системъ" (Москва, 1900 г.) и работа В. К. Аркадьева „Магнитныя свойства желѣза и никкеля при быстрыхъ электрическихъ колебаніяхъ", доложенная на 2-мъ Менделѣевскомъ съѣздѣ.

Въ началѣ 1911 г. внезапно прекратилась дѣятельность лабораторіи П. Н. Лебедева. Печальныя событія, происшедшія въ университетѣ, вынудили П. Н. Лебедева оставить дорогой ему университетъ, покинуть свой „подвалъ", въ которомъ проводилъ онъ большую часть времени. Этотъ выходъ изъ университета сильно отразился на состояніи здоровья П. Н. Лебедева, значительно увеличилъ болѣзнь его сердца. Но какъ ни велики были нравственныя потрясенія, энергія не ослабла у Лебедева. Онъ сумѣлъ организовать при помощи Народнаго университета Шанявскаго и отзывчиваго на все хорошее Московскаго общества первую въ Россіи частную физическую лабораторію въ наемномъ помѣщеніи въ обыкновенномъ жиломъ домѣ (Мертвый пер., 20) и снова въ этой новой лабораторіи закипѣла интенсивная работа преданныхъ и талантливыхъ учениковъ П. Н. Лебедева. Второй Менделѣевскій съѣздъ показалъ, сколько интереснаго уже успѣла дать эта лабораторія.

Доклады: А. К. Тимирязева. „Внутреннее треніе разрѣженныхъ газовъ"; Т. П. Кравеца. „Строеніе полосъ абсорбціи въ прозрачныхъ растворителяхъ"; Г. Б. Порта. „Діэлектрическія постоянныя газовъ"; В. К. Аркадьева. „О демонстрированіи явленій диффракціи"; П. П. Лазарева. „Диффузія и ея роль въ біологическихъ процессахъ" — вызвали всеобщій интересъ. Самъ П. Н. Лебедевъ не былъ въ состояніи пріѣхать на съѣздъ. Онъ передъ самымъ съѣздомъ заболѣлъ воспаленіемъ въ легкихъ. Весьма интересный докладъ его: „Методы изслѣдованія спектровъ поглощенія" былъ прочитанъ въ первомъ засѣданіи секціи физики, вечеромъ 21-го декабря, П. П. Лазаревымъ.

П. Н. Лебедевъ справился съ этою болѣзнью. Я получилъ послѣднее его письмо отъ 11-го января, и въ этомъ

письмѣ онъ сообщалъ мнѣ, что „оправился отъ болѣзни и въ состоянiи снова работать“. Но не долго чувствовалъ онъ себя сносно. Больное сердце, сильно пострадавшее въ теченiе послѣдняго года, окончательно ослабло. П. Н. Лебедевъ долженъ былъ слечь въ постель и 1-го марта скончался.

Петра Николаевича не стало. Не хочется думать однако, что дѣло, имъ начатое, погибнетъ. Лебедевская лабораторiя должна продолжать свою дѣятельность.

Русское общество придетъ на помощь этому дѣлу; ученики П. Н. Лебедева сохранятъ завѣты своего учителя и съ энергiею, подобною той, какая была присуща покойному, послужатъ во славу Россiи. Ихъ знанiя и любовь къ наукѣ дадутъ имъ возможность создать наилучшiй памятникъ безвременно почившему славному русскому ученому, укрѣпятъ навсегда Лебедевскую физическую лабораторiю!

С.-Петербургъ

Объ устройствѣ механическихъ лабораторій въ среднихъ техническихъ училищахъ.

Ѳ. Ѳ. Грудинскаго.

I. Необходимость устройства механической лабораторіи въ среднихъ техническихъ училищахъ.

Раціональная постановка дѣла техническаго образованія въ спеціальныхъ учебныхъ заведеніяхъ всѣхъ типовъ (высшихъ, среднихъ и низшихъ) требуетъ, какъ извѣстно, выполненія двухъ основныхъ условій: 1) соотвѣтственной разработки программъ теоретическаго преподаванія техническихъ дисциплинъ, примѣнительно къ избранному типу спеціальнаго учебнаго заведенія, и 2) возможно широкой постановки всякаго рода практическихъ занятій въ лабораторіяхъ, кабинетахъ, мастерскихъ и т. п.

Выполненіе второго условія особенно важно потому, что всякая техническая школа должна имѣть самую тѣсную связь съ жизнью и должна выпускать такихъ техниковъ, которые по окончаніи этой школы умѣли бы приложить немедленно къ дѣлу полученныя ими техническія знанія.

Произвести теоретическую разработку программъ несомнѣнно легче, чѣмъ организовать надлежащимъ образомъ практическія занятія въ лабораторіяхъ и мастерскихъ, такъ какъ эта организація требуетъ часто широкаго оборудованія, вызывающаго затрату значительныхъ денежныхъ средствъ; къ этому нужно прибавить еще и то, что многіе предметы оборудованія до настоящаго времени приходится выписывать изъ за границы, такъ какъ изготовленіе различныхъ сложныхъ и точныхъ приборовъ въ Россіи развито пока не достаточно широко; хотя правительство и облегчало до сихъ поръ эту выписку тѣмъ, что освобождало выписываемые

предметы отъ таможенной пошлины, но, какъ показываетъ опытъ, за многіе, выписываемые изъ за границы предметы, все-же приходится переплачивать излишнія суммы.

Широкое развитіе оборудованія при указанныхъ условіяхъ особенно затруднительно для нашихъ среднихъ техническихъ учебныхъ заведеній, обладающихъ большею частью скромнымъ бюджетомъ.

Раціональное рѣшеніе вопросовъ, указанныхъ выше, составляетъ предметъ постоянныхъ заботъ нашихъ правительственныхъ инстанцій, какъ центральныхъ, такъ и мѣстныхъ, стоящихъ во главѣ учебнаго дѣла въ Россіи; въ этомъ отношеніи я лично имѣлъ случай близко наблюдать цѣлый рядъ мѣръ, заботливо принимаемыхъ для этой цѣли Отдѣломъ Промышленныхъ Училищъ Министерства Народнаго Просвѣщенія, и подробно ознакомиться съ циркулярными вопросами, съ которыми Отдѣлъ обращался къ директорамъ и педагогическимъ совѣтамъ среднихъ техническихъ учебныхъ заведеній Россіи по поводу дальнѣйшей разработки учебныхъ программъ, организаціи лабораторій, пріобрѣтенія учебныхъ пособій и проч. Такъ какъ я преподаю механику и сопротивленіе матеріаловъ, то меня особенно интересовало устройство механическихъ лабораторій для испытанія строительныхъ матеріаловъ. Приборы для такихъ лабораторій приходится пріобрѣтать почти исключительно за границею, и ихъ оборудованіе обходится въ значительную сумму, чѣмъ и объясняется тотъ фактъ, что въ Россіи не такъ давно даже высшія спеціальныя школы не имѣли механическихъ лабораторій, а пріемы испытанія матеріаловъ изучались только по книжкѣ. Такой способъ обученія получилъ повсемѣстное осужденіе, и за послѣднее десятилѣтіе высшія техническія школы, старыя и новыя, обзаводятся механическими лабораторіями для практическаго изученія сопротивленія матеріаловъ.

Въ среднихъ техническихъ училищахъ такихъ лабораторій, насколько мнѣ извѣстно, не имѣется, хотя здѣсь не только желательно, но и необходимо наглядное освѣщеніе труднаго и столь важнаго курса, какимъ является сопротивленіе матеріаловъ. Вслѣдствіе отсутствія механической лабораторіи преподаваніе курса сопротивленія матеріаловъ

въ среднихъ техническихъ училищахъ сводится къ сухому изученію алгебраическихъ формулъ, на основаніи которыхъ могутъ быть опредѣлены размѣры тѣхъ или иныхъ отдѣльныхъ частей сооруженій или механизмовъ. Самая же важная сторона вопроса—наглядное ознакомленіе учениковъ съ характеромъ вліянія усилій, дѣйствующихъ на тотъ или иной строительный матеріалъ, и съ вызываемыми ими деформаціями отъ учениковъ ускользаетъ совершенно; между тѣмъ эта сторона вопроса, какъ съ точки зрѣнія будущей практической дѣятельности техника, такъ и со стороны чисто педагогической, гораздо важнѣе для ученика, чѣмъ излишняя точность теоретическихъ вычисленій, имѣющая, какъ извѣстно, на практикѣ извѣстный предѣлъ, далѣе котораго эта точность теряетъ свое практическое значеніе.

Исходя изъ этихъ соображеній я полагалъ бы, что преподаваніе курса сопротивленія матеріаловъ въ среднихъ техническихъ училищахъ слѣдовало-бы организовать слѣдующимъ образомъ:

1) Необходимо устроить при этихъ училищахъ хотя-бы небольшую механическую лабораторію для ознакомленія учениковъ съ главнѣйшими явленіями деформаціи матеріаловъ подъ вліяніемъ главнѣйшихъ видовъ дѣйствующихъ усилій.

2) Организовать въ этой лабораторіи практическія занятія въ видѣ рѣшенія извѣстной серіи задачъ.

3) И, наконецъ, ранѣе, чѣмъ теоретически преподавать сопротивленіе матеріаловъ, или же одновременно съ нимъ, ознакомить учениковъ съ главнѣйшими основаніями приближенныхъ вычисленій.

II. Первый опытъ оборудованія механической лабораторіи на курсахъ В. В. Перминова, въ Кіевѣ.

По предложенію директора Кіевскихъ Техническихъ Курсовъ, В. В. Перминова, мною, какъ преподавателемъ теоретической механики и сопротивленія матеріаловъ, устроена и оборудована при Курсахъ механическая лабораторія вышеуказаннаго типа. При небольшихъ размѣрахъ помѣщенія—лабораторія оборудована приборами, обнимающими собою изученіе всѣхъ главнѣйшихъ видовъ дѣйствующихъ усилій (растяженіе, сжатіе, изгибъ, скручиваніе и проч.), приборы

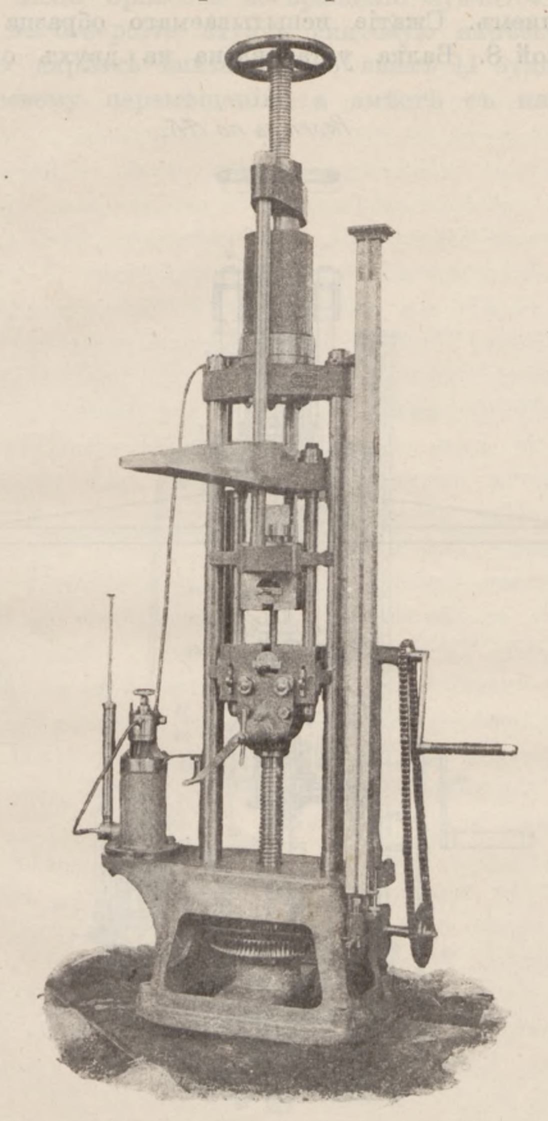
эти частью конструировались по спеціально разработаннымъ чертежамъ, а частью заказаны по имѣюшимся въ механической лабораторіи Кіевскаго Политехническаго Института. Выполнены всѣ приборы въ мастерскихъ Кіевскаго Политехническаго Института и на мѣстныхъ заводахъ изъ русскихъ матеріаловъ и русскими рабочими. Полное оборудованіе обошлось въ 1785 руб. (безъ вывѣрки, градуировки, доставки и установки). Это, сравнительно, недорогое оборудованіе позволяетъ практически провѣрить главнѣйшія положенія „сопротивленія матеріаловъ", и такимъ именно образомъ, мнѣ кажется, можетъ быть разрѣшенъ интересовавшій меня вопросъ объ устройствѣ при русскихъ среднихъ техническихъ учебныхъ заведеніяхъ механическихъ лабораторій, удовлетворяющихъ всѣмъ требованіямъ раціональной постановки преподаванія науки сопротивленія матеріаловъ и доступныхъ для этихъ училищъ по своей небольшой стоимости. При этомъ надо отмѣтить еще то, что всѣ приборы могутъ быть изготовлены даже непосредственно самими техническими училищами, если они обладаютъ для этого соотвѣтственными приспособленіями, и это, несомнѣнно, еще больше удешивитъ ихъ стоимость.

Настоящее оборудованіе механической лабораторіи одобрено Ученымъ Комитетомъ М. Н. П., и циркулярнымъ предложеніемъ отъ 26 іюня 1912 г. за № 4056 Министерство Народнаго Просвѣщенія увѣдомило среднія строительно-техническія и механико-техническія учебныя заведенія объ устройствѣ этой лабораторіи. Перехожу къ болѣе детальному описанію устройства этой лабораторіи. Считаю необходимымъ указать, что мнѣ удалось подобрать приборы для разрѣшенія многочисленныхъ задачъ, благодаря знакомству съ оборудованіемъ механической лабораторіи Кіевскаго Политехническаго Института, откуда я могъ выбрать приборы (фиг. 3, 5 и 6).

I. Гидравлическій прессъ системы инж.-техн. С. В. Полетаева для испытанія матеріаловъ на сжатіе, растяженіе, изгибъ и скалываніе (фиг. $1_{(1)}$, $1_{(2)}$, $1_{(3)}$).

Испытаніе на сжатіе. Образецъ испытуемаго матеріала устанавливается на подставку 1, лежащую на де-

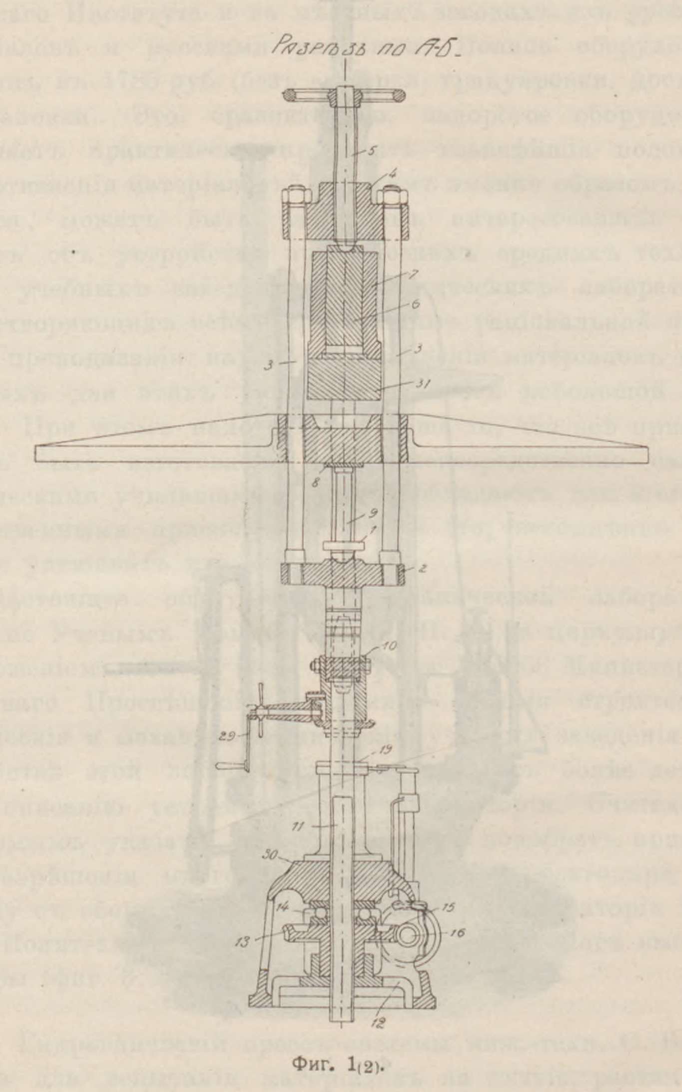
тали 2, эта деталь подвѣшена на тягахъ 3 къ перекладинѣ 4, а послѣдняя опирается черезъ винтъ 5 на поршень 6,



Фиг. 1(1).

поршень входитъ въ цилиндръ 7, содержащій въ нижней своей части масло. Такимъ образомъ, если расположенный на подставкѣ 1 образецъ подвергается давленію сверху, то

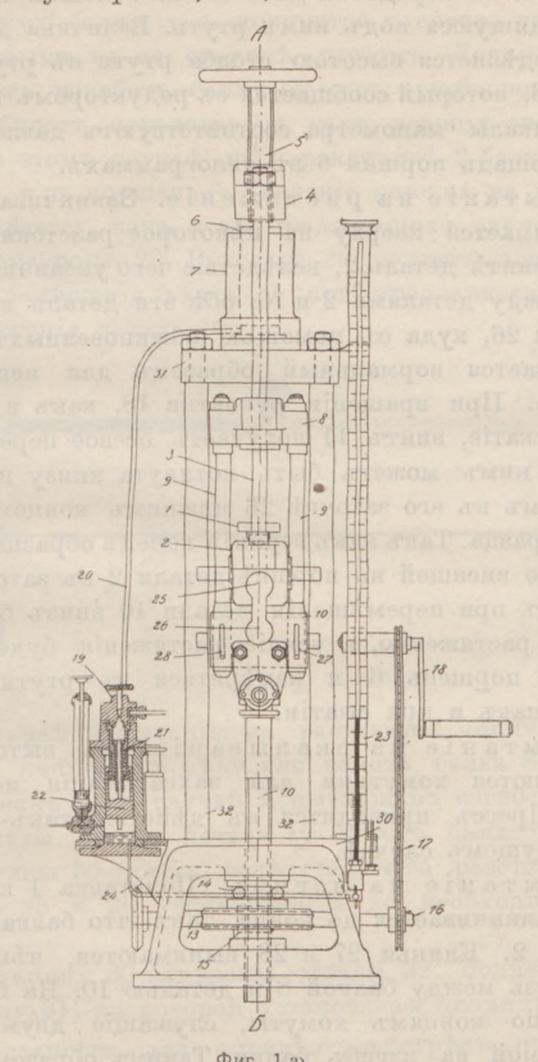
это давленіе передается черезъ тяги, перекладину, винтъ и поршень (3, 4, 5, 6) на масло, находящееся въ цилиндрѣ подъ поршнемъ. Сжатіе испытываемаго образца производится балкой 8. Балка установлена на двухъ опорахъ 9,



Фиг. 1(2).

соединенныхъ клиновымъ закрѣпленіемъ съ деталью 10, которая соединена съ винтомъ 11. Винтъ поддерживается перекладиной 12 черезъ навинчиваемое зубчатое колесо 13.

Сверху зубчатое колесо упирается на шариковый подпятникъ 14. Если привести во вращеніе зубчатое колесо 13, имѣющее въ отверстіи втулки винтовую нарѣзку, соотвѣтствующую нарѣзкѣ винта 11, то винтъ 11 будетъ подвергаться осевому перемѣщенію, а вмѣстѣ съ нимъ будетъ



Фиг. 1(3).

опускаться или подниматься соединенная съ нимъ балка 8, которая и будетъ сжимать установленный на подставкѣ 1 образецъ. Зубчатое колесо 13 приводится во вращеніе чер-

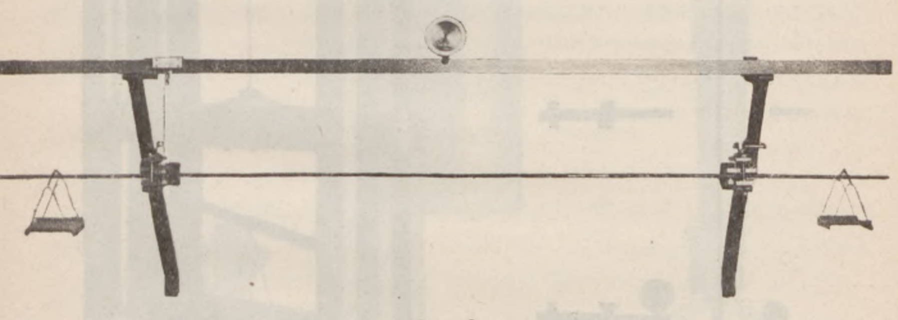
вякомъ 15, а ось червяка 16 приводится во вращеніе цѣпью Галя 17 отъ рукоятки 18. Давленіе, испытываемое масломъ въ цилиндрѣ 7, передается въ редукторъ 19, сообщающійся съ цилиндромъ трубкой 20, на малый поршень редуктора 21, малый поршень передаетъ давленіе на большой поршень 22 и на находящуюся подъ нимъ ртуть. Величина давленія на ртуть опредѣляется высотою столба ртути въ ртутномъ манометрѣ 23, который сообщается съ редукторомъ трубкой 24. Дѣленія шкалы манометра соотвѣтствуютъ давленію масла на всю площадь поршня 6 въ килограммахъ.

Испытаніе на растяженіе. Завинчиваніемъ винта 5 поднимается кверху на нѣкоторое разстояніе висящая на этомъ винтѣ деталь 2, вслѣдствіе чего увеличивается разстояніе между деталями 2 и 10; обѣ эти детали имѣютъ выточки 25 и 26, куда съ помощью обыкновенныхъ вставокъ устанавливается нормальный образецъ для испытанія на растяженіе. При вращеніи рукоятки 18, какъ и при испытаніи на сжатіе, винтъ 11 получаетъ осевое перемѣщеніе, а вмѣстѣ съ нимъ можетъ быть потянута книзу и деталь 10 съ зажатымъ въ его заточкѣ 26 нижнимъ концомъ испытываемаго образца. Такъ какъ верхній конецъ образца зажатъ въ неподвижно висящей на поршнѣ детали 2 въ заточкѣ ея 25, то образецъ при перемѣщеніи детали 10 внизъ будетъ подвергаться растяженію, а усиліе растяженія будетъ передаваться на поршень 6 и измѣряться въ ртутномъ манометрѣ 23, какъ и при сжатіи.

Испытаніе на скалываніе. Въ выточкахъ 25, 26 вставляются хомутики для захватыванія испытуемаго образца. Прессъ приводится въ дѣйствіе такъ-же, какъ и въ предыдущемъ случаѣ.

Испытаніе на изгибъ. Подставка 1 вынимается, винтъ 5 завинчивается до конца, такъ что балка 8 ложится на деталь 2. Клинья 27 и 28 вынимаются, чѣмъ уничтожается связь между балкой 8 и деталью 10. На балку 8 надѣваютъ по концамъ хомуты, служащіе двумя опорами испытываемой на изгибъ балки. Такимъ образомъ испытываемая балка вмѣстѣ съ хомутами и балкой пресса 8 подвѣшена на поршень 6. Изгибу испытываемая балка подвергается охватывающимъ ее хомутомъ, укрѣпленнымъ въ за-

точкѣ 26 детали 10. При вращеніи рукоятки 18 винтъ 11 будетъ имѣть осевое перемѣщеніе, какъ и въ случаѣ испытанія на сжатіе, а вмѣстѣ съ нимъ можетъ быть направлена внизъ деталь 10 съ закрѣпленнымъ въ ней хомутомъ. Этотъ хомутъ будетъ тянуть внизъ лежащую на двухъ опорахъ испытываемую балку, т. е. получится нагрузка на балку сосредоточеннымъ въ ея срединѣ грузомъ. Усиліе, съ которымъ будетъ изгибать балку хомутъ, укрѣпленный въ заточкѣ 26, будетъ передаваться, какъ реакція опоръ, на лежащую (въ этомъ случаѣ) на перекладинѣ 2 балку 8, а слѣдовательно, и на поршень 6. Давленіе поршня на масло подъ нимъ измѣряется, какъ и въ предыдущихъ случаяхъ, ртутнымъ манометромъ 23. Рукоятка 29 служитъ для быстраго осеваго перемѣщенія винта 11 при предварительной установкѣ положенія детали 10.



Фиг. 2.

Въ случаѣ испытанія на растяженіе длинныхъ образцовъ, какъ напримѣръ цѣпи или каната, балка 8 лежитъ на детали 2, какъ и въ случаѣ испытанія на изгибъ, и клинья 27, 28 вынуты. Тогда деталь 10 можетъ быть опущена до самой станины 30 пресса, вслѣдствіе чего разстояніе между выточками 25 и 26 увеличивается до необходимыхъ размѣровъ.

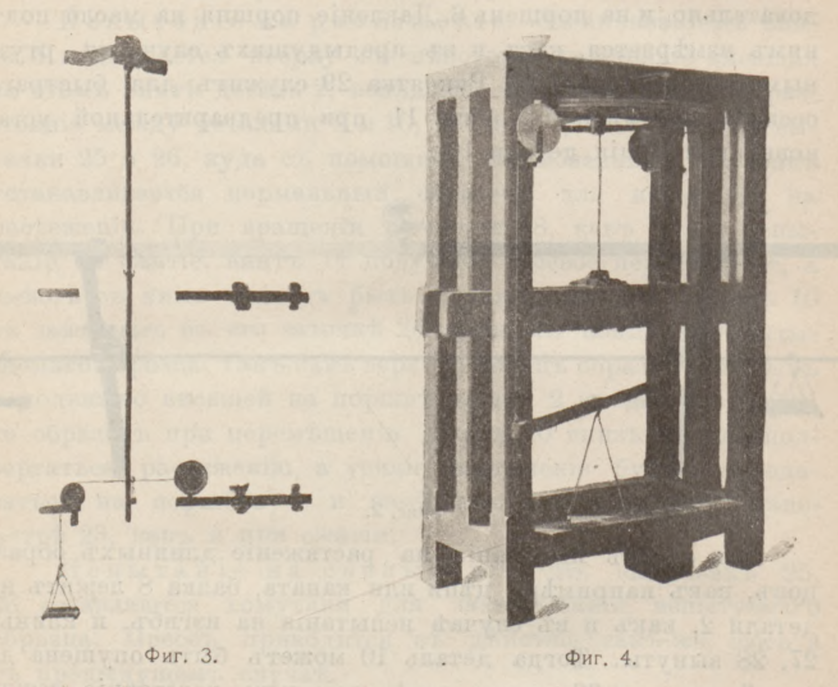
Въ станину 30 задѣланы стойки 32, поддерживающія перекладину 31, на которой установленъ цилиндръ 7.

II. Установка для опредѣленія стрѣлъ прогиба при статистической нагрузкѣ (фиг. 2).

Стальная полоса свободно лежитъ на двухъ призматическихъ опорахъ, которыя находятся въ гнѣздахъ, поко-

щихся на кронштейнахъ, прикрѣпленныхъ къ стѣнѣ. Гнѣзда устроены такъ, что при желаніи части полосы можно зажать и получить, такимъ образомъ, статически неопредѣлимый случай балки. Надъ испытуемой полосой прикрѣплена къ двумъ кронштейнамъ уголковая балка, назначеніе которой прикрѣпленіе прибора для измѣренія стрѣлъ прогиба и прибора для опредѣленія угловъ касательной на опорахъ.

III. Стальная полоса (фиг. 3), задѣланная однимъ концомъ, съ приспособленіемъ для измѣреній стрѣлъ прогиба различныхъ точекъ. На фигурѣ показана установка для

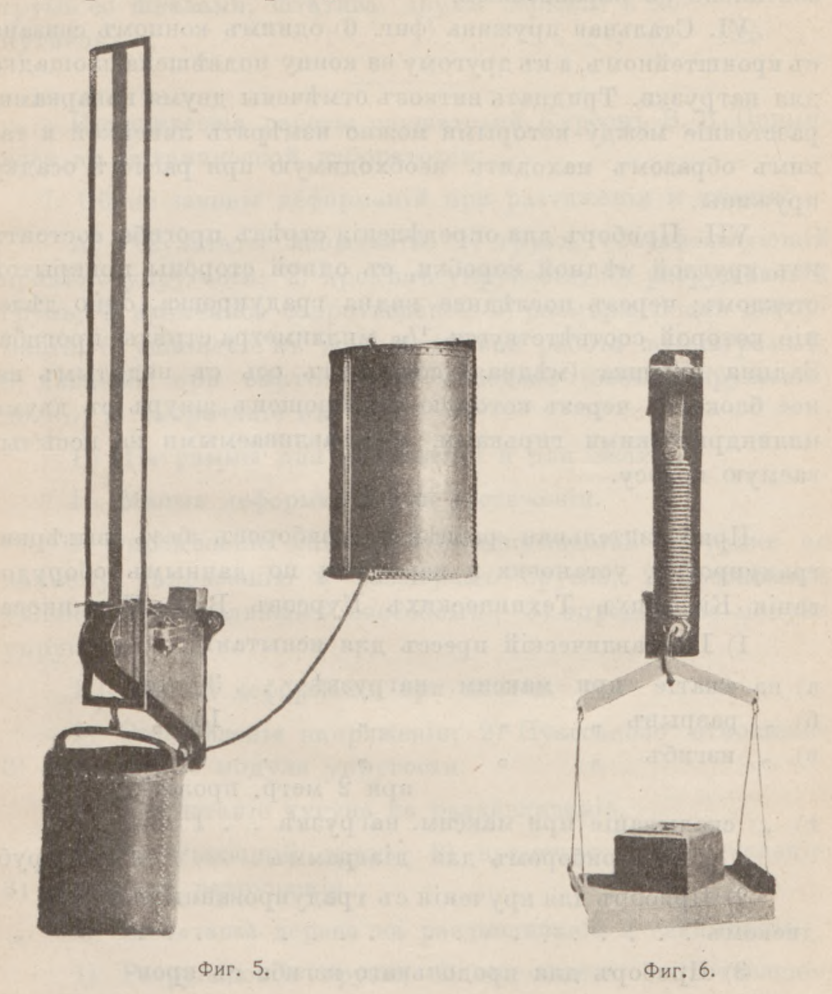


Фиг. 3. Фиг. 4.

опредѣленія стрѣлы прогиба, которая получится при нагрузкѣ на чашку.

IV. Установка для опредѣленія угла закручиванія (фиг. 4) состоитъ изъ деревянной рамы, внутри которой укрѣпленъ нижнимъ концомъ вертикальный стальной образецъ, на верхній конецъ образца надѣтъ дискъ, раздѣленный на градусы. Вокругъ диска наматывается шнуръ, концы котораго переброшены черезъ неподвижные блоки и привязаны по концамъ деревянной перекладины. Къ серединѣ перекла-

дины подвѣшена площадка для нагрузки. Нагрузка передается по закону равноплечаго рычага и полученный вслѣдствіе этого моментъ даетъ уголъ закручиванія, который можно отсчитать или по градуированному диску, или точнѣе, зеркальнымъ приборомъ.



Фиг. 5. Фиг. 6.

V. Приборъ для наблюденій продольнаго изгиба (фиг. 5) состоитъ изъ стальной полосы, однимъ концомъ задѣланной въ тиски, на массивномъ кронштейнѣ. Прямоугольная рама верхнимъ основаніемъ покоится на свободномъ концѣ испытуемой полосы, а нижнимъ — соединяется съ желѣзнымъ

ведромъ, въ которое пускается вода изъ бака, имѣющаго градуированное стекло. Вода пускается черезъ резиновую трубку и по желобку нагружаетъ всю систему. Деформація наблюдается по двумъ линейкамъ, расположеннымъ горизонтально по параллелямъ.

VI. Стальная пружина (фиг. 6) однимъ концомъ связана съ кронштейномъ, а къ другому ея концу подвѣшена площадка для нагрузки. Тридцать витковъ отмѣчены двумя наварками, разстояніе между которыми можно измѣрять линейкой и такимъ образомъ находить необходимую при расчетѣ осадку пружины.

VII. Приборъ для опредѣленія стрѣлъ прогиба состоитъ изъ круглой мѣдной коробки, съ одной стороны прикрытой стекломъ; черезъ послѣднее видна градуировка, одно дѣленіе которой соотвѣтствуетъ 1/20 миллиметра стрѣлы прогиба. Задняя крышка (мѣдная) содержитъ ось съ надѣтымъ на нее блокомъ, черезъ которую переброшенъ шнуръ съ двумя цилиндрическими гирьками, устанавливаемыми на испытываемую полосу.

Приблизительная расцѣнка приборовъ безъ вывѣрки, градуировки, установки и перевозки по даннымъ оборудованія Кіевскихъ Техническихъ Курсовъ В. В. Перминова.

1) Гидравлическій прессъ для испытаній:
а) на сжатіе при максим. нагрузкѣ . . . 30 тон.
б) „ разрывъ „ „ „ 15 „
в) „ изгибъ „ „ „ . . 5 „
при 2 метр. пролетѣ.
г) „ скалываніе при максим. нагрузкѣ . . 1 тон.
съ приборомъ для діаграммъ . . . . . 1 200 руб.

2) Приборъ для крученія съ градуированнымъ дискомъ . . . . 100 „

3) Приборъ для продольнаго изгиба съ кронштейномъ, водянымъ бакомъ, ведромъ и тисками . 90 „

4) Установка для опредѣленія стрѣлы прогиба при статической нагрузкѣ и угловъ касательной . . 100 „

5) Приборъ для опредѣленія упругости пружинъ . . . . 30 „

6) Балка, задѣланная однимъ концомъ, и установка для прогибомѣра . . . . 20 руб.

7) Приборъ для опредѣленія стрѣлъ прогиба 20 „

8) Зеркальный приборъ, состоящій изъ двухъ трубъ со шкалами, штатива, двухъ зеркалъ и хомутиковъ . . . . 225 „

Практическія работы слушателей Курсовъ В. В. Перминова въ механической лабораторіи.

I. Общіе законы деформацій при растяженіи и сжатіи:

А) Результаты испытаній: 1) грузъ, соотвѣтствующій предѣлу упругости; 2) предѣлъ упругости; 3) разрушающій грузъ; 4) временное сопротивленіе; 5) размѣры послѣ деформаціи; 6) удлиненіе въ %; 7) удѣльная работа по діаграммѣ; 8) давленіе при сжатіи было доведено (безъ разрушенія) до ....; 9) укороченіе въ %.

Б) Діаграммы для растяженія и для сжатія.

II. Малыя деформаціи при растяженіи.

1) Опредѣленіе наибольшей допускаемой нагрузки по данному напряженію и размѣрамъ бруска; 2) абсолютное удлиненіе (зеркальнымъ способомъ); 3) опредѣленіе модуля упругости.

III. Малыя деформаціи при сжатіи.

1) Опредѣленіе напряженія; 2) Пуассоново отношеніе; 3) опредѣленіе модуля упругости.

IV. Испытаніе чугуна на раздавливаніе.

1) Разрушающій грузъ; 2) временное сопротивленіе; 3) характеръ разрушенія.

V. Испытаніе дерева на раздавливаніе и скалываніе.

1) Разрушающіе грузы; 2) временное сопротивленіе; 3) характеръ разрушенія.

VI. Испытаніе цемента на раздавливаніе (безъ смазки и со смазкой).

1) Разрушающій грузъ; 2) временное сопротивленіе и 3) характеръ разрушенія.

VII. Малыя деформаціи при крученіи.

1) Полярный моментъ инерціи сѣченія образца; 2) моментъ сопротивленія; 3) опредѣленіе наибольшаго крутящаго момента по допускаемому напряженію; 4) опредѣленіе угла закручиванія; 5) опредѣленіе модуля упругости при сдвигѣ.

VIII. Испытаніе пружинъ.

1) Моментъ сопротивленія сѣченія; 2) опредѣленіе наибольшей нагрузки по допускаемому напряженію; 3) опредѣленіе осадки по модулю сдвига.

IX. Изгибъ балки съ задѣланнымъ концомъ.

1) Моментъ инерціи поперечнаго сѣченія; 2) прогибы различныхъ точекъ балки; 3) модуль упругости.

X. Изгибъ балки на двухъ опорахъ.

1) Моментъ инерціи поперечнаго сѣченія; 2) прогибы различныхъ точекъ балки; 3) сравненіе стрѣлъ прогиба, полученныхъ изъ опыта, съ теоретическими.

XI. Испытаніе чугуна на изломъ.

1) Моментъ инерціи поперечнаго сѣченія; 2) моментъ сопротивленія; 3) временное сопротивленіе.

XII. Испытаніе дерева на изгибъ и изломъ.

1) Моментъ инерціи поперечнаго сѣченія; 2) моментъ сопротивленія; 3) прогибы при различныхъ нагрузкахъ; 4) опредѣленіе модуля упругости; 5) опредѣленіе временнаго сопротивленія.

XIII. Продольный изгибъ.

1) Моментъ инерціи поперечнаго сѣченія; 2) наблюденія прогибовъ отъ различныхъ нагрузокъ; 3) сравненіе ихъ съ теоретическимъ результатомъ; 4) діаграмма.

Вышеуказанный систематическій подборъ вопросовъ взятъ мною изъ лабораторнаго журнала, составленнаго проф. С. П. Тимошенко.

Въ заключеніе считаю необходимымъ сказать нѣсколько словъ о способахъ устройства и оборудованія механическихъ

лабораторій при нашихъ среднихъ механико-техническихъ и строительно-техническихъ училищахъ.

Для свободнаго размѣщенія всѣхъ выше описанныхъ приборовъ необходимо имѣть помѣщеніе, площадью не менѣе 12 кв. саж.; оно должно находиться въ первомъ этажѣ, такъ какъ приборъ, описанный выше подъ № 1, долженъ быть установленъ на фундаментѣ; высота помѣщенія должна быть не менѣе 1,66 саж.; желательно устроить при лабораторіи небольшое помѣщеніе для храненія испытываемыхъ и уже испытанныхъ образцовъ строительныхъ матеріаловъ (небольшой музей) и кабинетъ для преподавателя, завѣдующаго лабораторіей; помѣщеніе для лабораторіи можно отвести въ общемъ зданіи училища или совмѣстно съ другими лабораторіями или мастерскими; отдѣльное зданіе спеціально для этой цѣли не обязательно.

Что касается до процесса изготовленія приборовъ оборудованія механической лабораторіи, то сдѣлать это можно двояко: тѣ училища, у которыхъ имѣются свои мастерскія съ приспособленіями для отливки и точной механической обработки металловъ, могли бы изготовить всѣ приборы своими средствами, по детальнымъ рабочимъ чертежамъ; задача эта, впрочемъ, довольно сложная.

Тѣ училища, которыя не могутъ положиться на точность обработки въ своихъ мастерскихъ, или, вообще, не имѣютъ мастерскихъ, могутъ заказать всѣ вышеупомянутые приборы у насъ въ Россіи.

Устроенная при Техническихъ Курсахъ В. В. Перминова въ Кіевѣ лабораторія заинтересовала собой многія учебныя заведенія и къ директору этихъ Курсовъ направляются запросы объ организаціи лабораторіи и для удовлетворенія этихъ запросовъ при Техническихъ Курсахъ Перминова организовано бюро изъ преподавателей Курсовъ.

Кіевъ.

Броуновское движеніе

П. А. Зилова.

1. Если внутрь жидкости внести твердое тѣло конечныхъ размѣровъ, то оно, смотря по своей плотности, или опускается внизъ и остается лежать на днѣ сосуда, или поднимается вверхъ и остается плавать на свободной поверхности жидкости. Иное представляетъ тѣло ничтожныхъ размѣровъ: оно не падаетъ внизъ и не всплываетъ наверхъ, но остается взвѣшеннымъ внутри жидкости и непрерывно совершаетъ неправильныя движенія по всѣмъ направленіямъ, столь же часто опускаясь внизъ, какъ и поднимаясь вверхъ.

Это на первый взглядъ странное явленіе, называемое теперь броуновскимъ движеніемъ—по имени англійскаго ботаника Броуна, который впервые его замѣтилъ въ 1827 г., разсматривая въ микроскопъ споры растеній, помѣщенныя въ водѣ,—долгое время не обращало на себя никакого вниманія ученыхъ; явленіе считалось аналогичнымъ движенію плавающихъ въ воздухѣ пылинокъ, которое наблюдается въ яркихъ солнечныхъ лучахъ, врывающихся въ темную комнату, и которое вызывается слабыми теченіями воздуха, обусловливаемыми неодинаковостью давленій и температуры.

Съ теченіемъ времени нашлись однако и такіе ученые, которые сумѣли оцѣнить это повидимому малозначущее явленіе, тщательно его изучили и вывели изъ него важныя заключенія объ общихъ свойствахъ матеріи.

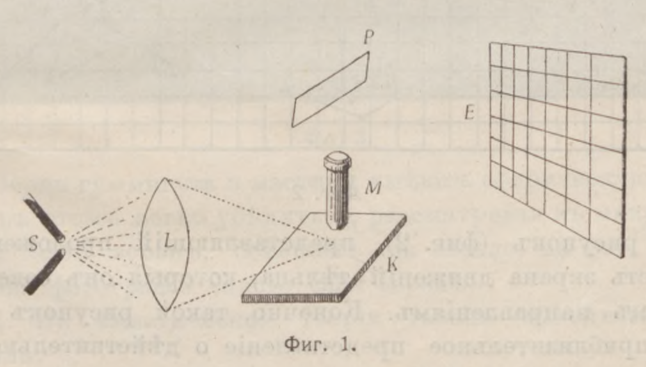
Гуи былъ первый, который занялся научнымъ изученіемъ броуновскаго движенія. Имъ было доказано, что это движеніе не обусловливается сотрясеніями, получаемыми жидкостью: въ деревнѣ, вдали отъ всякой ѣзды экипажей, оно происходитъ также неизмѣнно, какъ и въ городѣ, вблизи

проѣзжихъ улицъ; это движеніе не вызывается и конвекціонными токами въ жидкости, обусловливаемыми неравномѣрнымъ распредѣленіемъ въ ней температуры, ибо при принятіи самыхъ тщательныхъ предосторожностей взвѣшенныя въ жидкости тѣльца продолжаютъ свои движенія.

Такимъ образомъ здѣсь имѣется движеніе, которое возникаетъ безъ всякой внѣшней причины и никогда не останавливается; эту причину надо искать внутри самой жидкости, и потому Гуи заключилъ, что взвѣшенныя въ жидкости тѣльца движутся подъ вліяніемъ толчковъ частицъ окружающей ихъ жидкости, которыя—по нашимъ представленіямъ — сами находятся въ непрерывномъ нестройномъ движеніи. Подобно тому, какъ поплавки обнаруживаютъ движеніе поверхности воды, на которой плаваютъ, такъ и взвѣшенныя тѣльца обнаруживаютъ молекулярныя движенія окружающей ихъ жидкости; чѣмъ меньше поплавокъ, тѣмъ послушнѣе онъ къ колебаніямъ поверхности воды; чѣмъ меньше взвѣшенное тѣльце, тѣмъ послушнѣе оно къ толчкамъ молекулъ и тѣмъ быстрѣе оно движется.

Недавно Перренъ произвелъ очень интересное изслѣдованіе броуновскаго движенія, которое мы здѣсь и изложимъ вкратцѣ [1]).

2. Броуновское движеніе можно не только наблюдать субъективно въ обыкновенный микроскопъ, но его можно



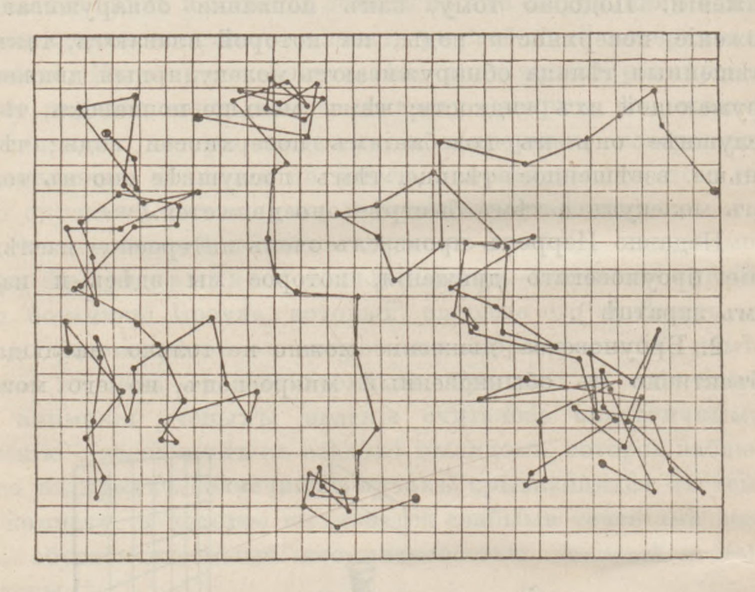
Фиг. 1.

демонстрировать проложеніемъ на экранѣ. Для этого лучи дуговой лампы S (фиг. 1) надо собрать линзою L такъ,

[1]) Mouvement Brownien et réalité moléculaire; par M. J. P e r r i n. Annales de chimie et de physique. 1909, t. 18, p. 5.

чтобы они давали изображенiе дуги внутри разсматриваемой жидкости K; лучи, отраженные отъ взвѣшенныхъ въ этой жидкости тѣлецъ, проходятъ чрезъ иммерсiонный объективъ и сильно увеличивающiй окуляръ микроскопа M и затѣмъ зеркаломъ P направляются на экранъ E, раздѣленный на клѣтки; здѣсь на темномъ фонѣ получаются изображенiя взвѣшенныхъ тѣлецъ въ видѣ свѣтлыхъ точекъ.

Съ помощью такого проложенiя на экранѣ можно очень удобно наблюдать движенiе взвѣшенныхъ тѣлецъ. Перренъ, слѣдя за однимъ изъ такихъ тѣлецъ, отмѣчалъ на экранѣ его положенiя чрезъ каждыя 30 секундъ и послѣдовательныя положенiя соединялъ прямыми; такимъ образомъ полу-



Фиг. 2

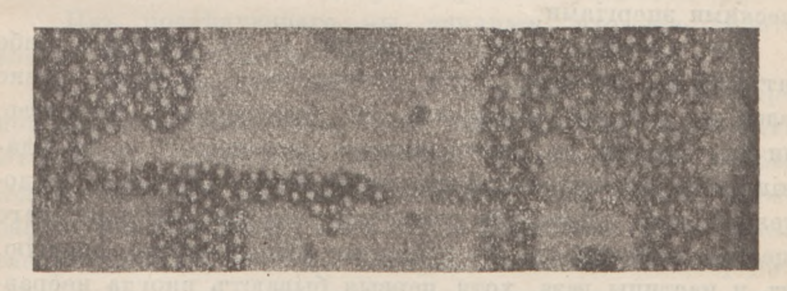
чался рисунокъ (фиг. 2), представляющiй проложенiе на плоскость экрана движенiй тѣльца, которыя онъ совершалъ по всѣмъ направленiямъ. Конечно, такой рисунокъ даетъ лишь приблизительное представленiе о дѣйствительной запутанности истинной траекторiи тѣльца; если бы отмѣтки дѣлали ежесекундно, то каждая прямая нашего чертежа замѣнилась бы ломанною съ 30 прямыми и т. д. Анри дѣлалъ кинематографическiе снимки, фотографируя каждую 1/20 се-

кунды ту картину, которая получается на экранѣ; такіе снимки съ неподражаемою живостью воспроизводятъ явленіе.

3. Жидкость со взвѣшенными въ ней тѣльцами мы будемъ называть **эмульсіей**, а самыя взвѣшенныя тѣльца—**зернами эмульсіи**.

Удобную для наблюденій эмульсію приготовляютъ слѣдующимъ образомъ. Предварительно растворяютъ въ алкоголѣ гуммигутъ (акварельную краску) или мастику (смолу, употребляемую для изготовленія лаковъ); при этомъ получается масса, состоящая изъ зеренъ различной величины (но меньше 1 μ). Если такую массу разбавить водою, то получается нужная эмульсія—въ первомъ случаѣ желтая, во второмъ—молочно-бѣлая.

Можно приготовить **однородную** эмульсію съ зернами приблизительно одного размѣра; для этого стоитъ лишь массу эмульсіи подвергнуть центрифугаціи и собрать сначала наиболѣе крупныя зерна, затѣмъ менѣе крупныя и т. д. Этотъ пріемъ сортировки зеренъ совершенно аналогиченъ раздѣленію жидкостей путемъ фракціонной перегонки.



Фиг. 3.

Зерна гуммигута и мастики имѣютъ сферическую форму, какъ въ этомъ легко убѣдиться, разсматривая въ микроскопъ тонкій слой зеренъ, осѣвшихъ на стекло; на фиг. 3 представлена фотографія такого слоя зеренъ.

4. Въ кинетической теоріи газовъ выводится такая формула:

$$PV = \frac{2}{3} Nw,$$

гдѣ P давленіе газа, V и N объемъ и число частицъ одной граммо-молекулы газа и w средняя кинетическая энергія поступательнаго движенія частицъ.

Съ другой стороны

$$PV = RT,$$

гдѣ R постоянная и T абсолютная температура газа. Изъ этихъ двухъ формулъ получаемъ

1) $$w = \frac{3}{2}\frac{R}{N}T.$$

Такъ какъ R и N имѣютъ одинакія значенія для всѣхъ газовъ, то при опредѣленной температурѣ частицы всѣхъ газовъ имѣютъ одну и ту же среднюю кинетическую энергію поступательнаго движенія.

Это правило примѣняется и къ смѣси газовъ, нагрѣтыхъ до одной и той же температуры: частицы газовъ смѣси обладаютъ одинакими средними кинетическими энергіями; напримѣръ, молекулы углекислоты и водяного пара, находящихся въ атмосферѣ, не смотря на разницу въ ихъ природѣ и размѣрѣ, обладаютъ одинакими средними кинетическими энергіями.

Это правило распространяется и на растворы, ибо фантъ-Гоффъ доказалъ, что осмотическое давленіе равно давленію, которое оказывало бы растворенное вещество, если бы, будучи въ газообразномъ состояніи (т. е. по удаленіи растворителя), оно занимало бы объемъ раствора; слѣдовательно, при одинакихъ условіяхъ частицы растворённаго вещества имѣютъ ту же среднюю кинетическую энергію, какъ и частицы газа, хотя первыя бываютъ иногда несравненно больше послѣднихъ; такъ, частица сахара состоитъ изъ 35, а частица сѣрнистаго хинина изъ 100 атомовъ.

Наше правило распространяется и на жидкости. Дѣйствительно, представимъ себѣ растворъ алкоголя въ водѣ: каждая частица алкоголя обладаетъ опредѣленною среднею кинетическою энергіею, вычисляемою по формулѣ (1); но по закону фантъ-Гоффа свойства растворённаго вещества не зависятъ отъ растворителя; слѣдовательно, растворивъ алкоголь въ хлороформѣ, мы получимъ для частицъ алкоголя ту же кинетическую энергію. Безразличіе растворителя позволяетъ намъ сдѣлать еще одинъ шагъ дальше: если мы пред-

ставимъ себѣ, что растворяемыя частицы алкоголя перенесены въ алкоголь же, то кинетическая энергія ихъ движенія не измѣнится; но теперь растворенныя частицы алкоголя ничѣмъ не отличаются отъ остальныхъ частицъ „растворителя“; вслѣдствіе этого мы должны принять, что и частицы жидкости постоянно движутся съ кинетическою энергіею, которая зависитъ только отъ ея температуры и которая опредѣляется по формулѣ (1). Итакъ, при данной температурѣ частицы всѣхъ жидкихъ и газообразныхъ тѣлъ имѣютъ одну и ту же среднюю кинетическую энергію, пропорціональную ихъ абсолютной температурѣ.

Наконецъ, распространимъ наше правило и на эмульсіи; примемъ, что зерна эмульсіи, какую бы массу они ни имѣли, движутся поступательно съ тою же среднею кинетическою энергіею, съ какою движутся частицы окружающей жидкости. Иными словами примемъ, что зерна эмульсіи, непрерывно двигаясь въ жидкости, обладаютъ всѣми свойствами частицъ газа и своими ударами производятъ давленіе, какъ частицы газа или частицы растворённаго вещества.

Изъ послѣдующаго мы увидимъ, что эта гипотеза вполнѣ подтверждается опытами.

5. Представимъ себѣ вертикальный столбъ однородной эмульсіи и спросимъ себя, какъ въ немъ распредѣляются зерна. Если зерна эмульсіи представляютъ дѣйствительно аналогію частицамъ тяжелаго газа, то они должны распредѣлиться также, какъ подъ дѣйствіемъ силы тяжести распредѣляются частицы воздуха въ земной атмосферѣ: и подобно тому, какъ на уровнѣ моря воздухъ плотнѣе, чѣмъ на вершинѣ горы, такъ и зерна эмульсіи, каково бы ни было ихъ начальное размѣщеніе, чрезъ нѣкоторое время распредѣляются устойчиво, скопляясь внизу столба и разрѣжаясь вверху. Концентрація зеренъ эмульсіи уменьшается съ высотою по тому же закону, по которому уменьшается плотность воздуха земной атмосферы.

Выведемъ законъ распредѣленія зеренъ въ вертикальномъ столбѣ эмульсіи. Изъ нашего столба эмульсіи мысленно выдѣлимъ слой между уровнями h и $h + dh$; состояніе этого слоя не измѣнится, если его заключить между двумя полупроницаемыми поршнями, свободно пропускающими воду и

не пропускающими взвѣшенныхъ въ ней зеренъ; каждый изъ этихъ поршней подвергается осмотическому давленію снаружи; если на уровнѣ h въ куб. центиметрѣ эмульсіи имѣется n зеренъ, а на уровнѣ $h + dh$ имѣется $n - dn$ зеренъ, то соотвѣтствующія давленія суть $P = 2nw/3$ и $P' = 2(n - dn)w/3$, и на разсматриваемый слой дѣйствуетъ направленная вверхъ сила $(P - P')s = 2dn \cdot s \cdot w/3$, гдѣ s площадь каждаго поршня; такъ какъ нашъ слой остается въ равновѣсіи, то эта сила уравновѣшивается вѣсомъ слоя; если r назовемъ радіусъ зерна, d и δ плотности зеренъ и окружающей жидкости, то вѣсъ слоя будетъ $4\pi r^3 ns(d - \delta)gdh/3$, и потому

$$\frac{2}{3}\, wdn = \frac{4\pi r^3 n (d - \delta) g}{3}\, dh;$$

откуда, интегрируя въ предѣлахъ отъ n_0 до n первую часть и отъ 0 до h вторую часть, имѣемъ

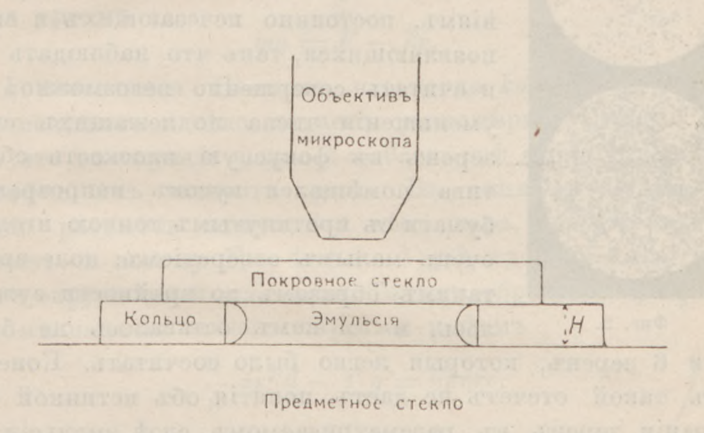
$$(2) \qquad 2\, w \log\left(\frac{n_0}{n}\right) = 4\pi r^3 (d - \delta) g h.$$

Отсюда видно, что съ высотою концентрація зеренъ въ эмульсіи убываетъ по показательному закону подобно тому, какъ убываетъ барометрическое давленіе.

Какъ провѣрить на опытѣ нашъ выводъ? Для этого надо бы было, наблюдая отдѣльныя равноотстоящіе слои эмульсіи, сосчитывать находящіяся въ нихъ зерна. На первый взглядъ такая задача невозможна, такъ какъ весь столбъ эмульсіи, подлежащій изслѣдованію, не превышаетъ 0,1 mm.; въ слоѣ же ничтожной толщины помѣщается все-таки громадное число зеренъ, притомъ находящихся въ быстрыхъ движеніяхъ. Тѣмъ не менѣе Перренъ сумѣлъ разрѣшить эту задачу чрезвычайно изящнымъ пріемомъ.

Самый „столбъ" эмульсіи устраивался такъ: къ предметному стеклу (фиг. 4) приклеивалось тонкое стеклышко съ круглымъ отверстіемъ посрединѣ; такимъ образомъ получалась плоская ванночка глубиною около 0,1 mm.; въ эту ванночку помѣщалась капелька изслѣдуемой эмульсіи, которая сплющивалась покровнымъ стеклышкомъ, совер-

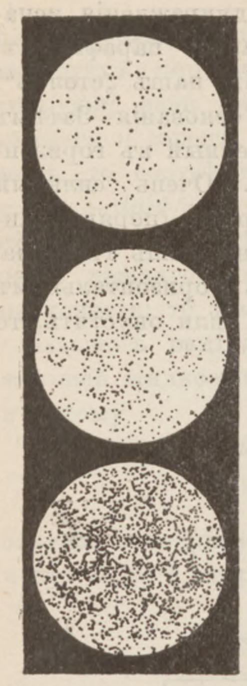
шенно закрывавшемъ ванночку; для предупрежденія испаренія края покровнаго стеклышка заливались парафиномъ: этотъ тонкій слой эмульсіи, составляющій нашъ „столбъ“, былъ совершенно прозраченъ до самого основанія. Затѣмъ такой препаратъ переносился на приведенный въ горизонтальное положеніе столикъ микроскопа. Очень сильный объективъ имѣетъ ничтожную глубину зрѣнія (порядка микрона), и потому наблюдателю ясно видны лишь тѣ зерна, которыя помѣщаются въ очень тонкомъ горизонтальномъ слоѣ эмульсіи; если микроскопъ поднять или опустить, то видны будутъ зерна другого слоя.



Фиг. 4.

Замѣтимъ, что вначалѣ, послѣ встряхиваній, неизбѣжныхъ при установкѣ прибора, въ верхнихъ слояхъ эмульсіи видно приблизительно столько же зеренъ, какъ и въ нижнихъ; но достаточно нѣсколькихъ минутъ, чтобы нижніе слои эмульсіи стали замѣтно богаче зернами, чѣмъ верхніе; это размѣщеніе зеренъ по слоямъ стремится къ предѣлу, который наступаетъ чрезъ нѣсколько часовъ и затѣмъ остается безъ измѣненій дни и недѣли.

На фиг. 5 воспроизведены „разрѣзы“, сдѣланныя чрезъ 12 μ. въ столбѣ эмульсіи съ зернами мастики (діаметра около 1 μ.). Ясно видно, что эти зерна рѣдѣютъ по мѣрѣ поднятія вверхъ; это разрѣженіе рѣзко бросается въ глаза, если, глядя


Фиг. 5.

на препаратъ, быстро поднимать микроскопъ: эмульсія рѣдѣетъ, какъ атмосфера для поднимающагося аэронавта, съ тою лишь разницею, что для эмульсіи нѣсколько микроновъ имѣютъ такое же значеніе, какъ нѣсколько километровъ для атмосферы.

Но во всемъ полѣ зрѣнія микроскопа обыкновенно помѣщается все-таки слишкомъ большое число зеренъ, притомъ движущихся по всѣмъ направленіямъ, постоянно исчезающихъ и вновь появляющихся, такъ что наблюдать ихъ и считать совершенно невозможно; для уменьшенія числа подлежащихъ счету зеренъ въ фокусную плоскость объектива помѣщался кусокъ непрозрачной бумаги съ проткнутымъ тонкою иголкою очень малымъ отверстіемъ; поле зрѣнія такимъ образомъ до крайности суживалось, и въ немъ оставалось не болѣе 5 или 6 зеренъ, которыя легко было сосчитать. Конечно, одинъ такой отсчетъ не даетъ понятія объ истинной концентраціи зеренъ въ разсматриваемомъ слоѣ эмульсіи; но, повторяя подобные отсчеты много разъ (до 1000), напр. чрезъ каждые 15 сек., находятъ среднее число, которое будетъ тѣмъ ближе къ истинному, чѣмъ больше сдѣлано отдѣльныхъ отсчетовъ. То же самое дѣлаютъ и для другихъ слоевъ.

Приведемъ теперь результаты измѣреній, сдѣланныхъ съ зернами гуммигута на уровняхъ, которые лежали на высотахъ:

$$5,\ 35,\ 65 \text{ и } 95\ \mu;$$

соотвѣтствующія концентраціи зеренъ эмульсіи были найдены пропорціональными числамъ

$$100,\ 47,\ 22{,}6 \text{ и } 12,$$

которыя очень мало отличаются отъ

$$100,\ 46,\ 23 \text{ и } 11{,}1,$$

убывающихъ по показательному закону.

Эти опыты приводятъ насъ къ заключенiю, что зерна однородной эмульсiи дѣйствительно распредѣляются такъ, какъ частицы вѣсомаго газа атмосферы въ состоянiи равновѣсiя.

6. Перейдемъ теперь къ изученiю зеренъ эмульсiи.

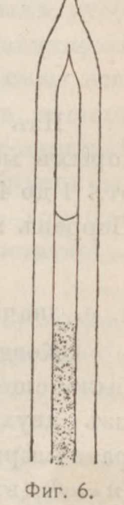
Зерна гуммигута и мастики, какъ мы уже видѣли, имѣютъ сферическую форму; покажемъ, какъ опредѣляются радiусъ и масса зеренъ.

Извѣстно, что тѣло, падая въ вязкой средѣ со скоростью v, испытываетъ сопротивленiе пропорцiональное этой скорости. Если чрезъ F назовемъ движущую силу и чрезъ m массу нашего тѣла, то ускоренiе a его паденiя опредѣляется ур—мъ

$$ma = F - kv,$$

гдѣ k постоянное. Понятно, что когда $kv = F$, тогда ускоренiе исчезаетъ и тѣло падаетъ равномѣрно. Стоксъ доказалъ, что въ случаѣ шара $k = 6\pi\eta r$, гдѣ r радiусъ шара и η коэффицiентъ вязкости среды. Въ данномъ случаѣ подъ F надо разумѣть кажущiйся вѣсъ шара, погруженнаго въ жидкость, и потому $F = 4\pi r^3(d - \delta)\,g/3$, гдѣ d и δ плотности шара и окружающей жидкости. Такимъ образомъ при равномѣрномъ паденiи нашего шара мы имѣемъ

$$(3) \qquad \frac{4}{3}\pi r^3(d - \delta)\,g = 6\pi\eta r v.$$



Фиг. 6.

Примѣняя эту формулу къ зернамъ эмульсiи, мы можемъ опредѣлить ихъ радiусъ, если изъ опыта найдемъ скорость v и будемъ знать остальныя величины, входящiя въ предыдущее ур—iе.

Опытъ дѣлается такъ. Стеклянную трубку въ нѣсколько центиметровъ длины наполняютъ однородною эмульсiею и ставятъ вертикально; вначалѣ распредѣленiе зеренъ эмульсiи будетъ далеко отъ того, которое соотвѣтствуетъ равновѣсiю, и потому верхнiе слои зеренъ будутъ падать, какъ падаютъ капельки облака; эмульсiя въ верхней своей части проясняется (фиг. 6) и довольно рѣзкая граница проясненной зоны постепенно опускается; если въ теченiе t сек. эта граница понизилась на h, то h/t и будетъ искомой скоростью v, съ которою зерна падаютъ.

Для опредѣленія плотности зеренъ, d, эмульсію высушиваютъ, причемъ получается стекловидная масса, плотность которой и опредѣляютъ изъ опыта; для этого кусочки этой массы опускаютъ въ воду, къ которой прибавляютъ столько бромистаго калія, чтобы они не всплывали и не тонули; тогда наша стекловидная масса имѣетъ такую же плотность, какъ и растворъ, въ которомъ она остается взвѣшенною. Плотность же стекловидной массы равна плотности самихъ зеренъ.

Такимъ образомъ по формулѣ (3) было найдено для одной эмульсіи $r = 0{,}45\ \mu$., а для другой $r = 0{,}21\ \mu$.

7. Найдя изъ опытовъ отношеніе концентрацій зеренъ, n_0/n, въ двухъ слояхъ эмульсіи, отстоящихъ на разстояніи h одинъ отъ другого, а также радіусъ r и плотность d зеренъ, мы по формулѣ (2) можемъ вычислить среднюю кинетическую энергію зеренъ, w, данной эмульсіи. Если изложенная теорія эмульсіи вѣрна, то полученное такимъ образомъ значеніе w не будетъ зависѣть отъ данной эмульсіи и будетъ равняться средней энергіи зеренъ всякой эмульсіи или средней кинетической энергіи частицъ какого-нибудь газа при той же температурѣ. Послѣ этого по ур—ію (1) можно вычислить лошмидтовское число

$$N = \frac{3}{2}\frac{RT}{w}.$$

Изъ многочисленныхъ опытовъ съ эмульсіями (въ которыхъ массы зеренъ измѣнялась отъ 1 до 40, плотность— отъ 1 до 47, а скорость измѣненія концентраціи - отъ 1 до 30) Перренъ нашелъ

$$N = 70.10^{22},$$

т. е. значеніе очень близкое къ общепринятому (60.10^{22}).

Когда законъ распредѣленія зеренъ въ эмульсіи не былъ еще установленъ, естественно было предполагать одно изъ двухъ: или что всѣ зерна эмульсіи распредѣляются равномѣрно ($n_0 = n$), или что всѣ зерна опускаются внизъ ($n = 0$); въ первомъ случаѣ $N = 0$, а во второмъ $N = \infty$. И если въ этихъ необъятныхъ предѣлахъ для N получается значеніе, совпадающее съ тѣмъ, которое находится совер-

шенно инымъ путемъ, то это служитъ блестящимъ доказательствомъ вѣрности изложенной выше кинетической теоріи эмульсій, а вмѣстѣ съ тѣмъ и реальнаго существованія молекулъ. Такимъ образомъ законы газовъ, уже распространенные фантъ-Гоффомъ на растворы, могутъ быть распространены и на эмульсіи, хотя наиболѣе крупныя зерна ихъ можно видѣть въ лупу; такія зерна представляютъ собою газъ, граммо-молекула котораго вѣсила бы 200000 тоннъ. Само броуновское движеніе есть вѣрное изображеніе молекулярнаго движенія, только въ увеличенномъ масштабѣ, и потому легко доступное непосредственному наблюденію, подобно тому, какъ герцевскія волны представляютъ намъ увеличенное изображеніе свѣтовыхъ волнъ, въ сущности ничѣмъ отъ нихъ не отличающіяся.

Кіевъ, августъ 1912.

Библіографія.

9. *Н. Каменьщиковъ.* Космографія (начальная астрономія). Спб. 1912.

До недавняго времени въ русской учебной литературѣ чувствовался чрезвычайный недостатокъ въ толковыхъ учебникахъ по космографіи, такъ какъ имѣвшіяся въ наличности изданія были весьма посредственны, а нѣкоторыя ниже всякой критики. Въ послѣднее время вышелъ рядъ новыхъ учебниковъ, стремящихся восполнить этотъ существенный пробѣлъ. Къ числу ихъ относится и учебникъ г. Каменьщикова, который въ общемъ производитъ довольно хорошее впечатлѣніе, но не лишенъ и очень крупныхъ недостатковъ, на которыхъ мы здѣсь подробнѣе и остановимся.

На стр. 6 при опредѣленіи радіуса земли авторъ излагаетъ совершенно негодный въ практическомъ отношеніи способъ Райта вмѣсто превосходнаго способа Эратосѳена, приводимаго самимъ авторомъ далѣе на стр. 59.

На стр. 10, говоря о суточномъ движеніи, авторъ совѣтуетъ направить линейку на какую-нибудь звѣзду, „тогда“, говоритъ онъ, „мы увидимъ черезъ нѣкоторое время, что звѣзда отойдетъ вправо, и что это движеніе будетъ равно-

мѣрное". Почему непремѣнно вправо? Вѣдь если взять звѣзду къ сѣверу отъ зенита вблизи верхней кульминаціи, то она отодвинется не вправо, а влѣво. Кромѣ того, выраженія „вправо" и „влѣво" крайне условны, ибо иныя движенія, происходящія въ сѣверномъ полушаріи вправо, въ южномъ будутъ происходить влѣво. Съ другой стороны убѣждать при помощи линейки въ томъ, что суточное движеніе звѣздъ совершается равномѣрно, едва-ли кто возьмется, и только ученикъ, относящійся къ дѣлу поверхностно и безразлично, можетъ удовлетвориться такимъ „доказательствомъ".

На стр. 11 внизу дано опредѣленіе понятія „ось міра", причемъ сказано, что „движеніе небеснаго свода можно представить тѣмъ, что эта небесная сфера равномѣрно вращается съ востока на западъ вокругъ одного изъ своихъ діаметровъ (ось міра)". Можно поручиться, что изъ этихъ словъ рѣшительно никто не пойметъ, что такое „ось міра", а между тѣмъ это одно изъ самыхъ важныхъ и основныхъ понятій.

На стр. 21, § 14, упоминается объ армиллярной сферѣ, причемъ совершенно не пояснено, что это за приборъ. А между тѣмъ, гдѣ-же искать описаніе этого прибора, какъ не въ учебникѣ космографіи?

На стр. 44 повторено употребляемое многими, но тѣмъ не менѣе голословное утвержденіе, что „число среднихъ сутокъ въ году есть число несоизмѣримое". Этого никто еще не доказалъ, да никогда и не докажетъ, ибо для этого надо бы точно опредѣлить всѣ знаки этого числа вплоть до безконечности, потому что теоретической зависимости между продолжительностью года и сутокъ (подобной зависимости между окружностью и діаметромъ) до сихъ поръ не установлено. По крайней мѣрѣ на основаніи того, что до сихъ поръ извѣстно, можно думать, что вращательное движеніе земли вокругъ оси и поступательное вокругъ солнца совершенно независимы другъ отъ друга, т. е., что теоретической зависимости между ними не существуетъ.

На стр. 62 авторъ утверждаетъ, что количество воды на землѣ уменьшается. Интересно, кто это доказалъ, и какъ понимать такое утвержденіе?

На стр. 63, приводя соображенія, изъ которыхъ будто-бы вытекаетъ „достовѣрность" вращательнаго движенія земли,

авторъ говоритъ, что „такъ какъ другія небесныя свѣтила и значительно большія, чѣмъ земля.... вращаются вокругъ своихъ осей, поэтому.... можемъ допустить его и для земли“. Итакъ, земля должна вращаться около оси, потому что она небесное тѣло. А если читатель потребуетъ доказательствъ, что земля небесное тѣло, то въ числѣ прочихъ аргументовъ придется сослаться и на то, что она вращается на оси. Ясно, что тутъ circulus vitiosus, и такое „доказательство“ ничего не доказываетъ.

На стр. 65 сказано: „сжатіе земли равняется $^5/_2$ отношенія ускоренія центробѣжной силы на экваторѣ къ ускоренію силы тяжести на экваторѣ, безъ отношенія уменьшенія ускоренія силы тяжести на экваторѣ къ ускоренію силы тяжести на экваторѣ.

„Отношенія уменьшенія ускоренія“. Этого никто не пойметъ. Здѣсь подъ словомъ „уменьшеніе“ разумѣется разность между ускореніемъ тяжести на экваторѣ и на полюсѣ.

Далѣе сказано: „т. е.

$$\frac{1}{294} = \frac{5}{2}\,\frac{f_0}{g_0} - \frac{\Delta}{g_0},$$

въ чемъ можно убѣдиться, если подставить величины

$$f_0 = 34 \text{ см.}$$
$$g_0 = 978 \text{ см.}$$
$$\Delta = 52 \text{ см.“.}$$

Если же дѣйствительно подставить эти числа, то ничего подобнаго предыдущему равенству не получится. Допуская, что здѣсь двѣ грубыхъ опечатки, возьмемъ

$$f_0 = 34 \text{ миллим.}$$
$$g_0 = 9780 \text{ „}$$
$$\Delta = 52 \text{ „}$$

тогда подстановка даетъ всетаки не $\frac{1}{294}$, а $\frac{1}{296,4}$. Это уже крупная небрежность.

На стр. 150 и 157 внизу фамилія Puiseux (ассистента Loewy) напечатана по русски „Пюиссо“ вмѣсто „Пюизе“.

На стр. 163 строка 3 снизу сказано: плоскость его (Эроса) орбиты пересѣкаетъ плоскость орбиты Марса и по-

этому онъ можетъ подходить къ землѣ ближе, чѣмъ Марсъ". Плоскости орбитъ Сатурна и Марса тоже пересѣкаются, но кто-же на основаніи этого станетъ думать, что Сатурнъ можетъ подойти ближе къ землѣ, чѣмъ Марсъ? Это опять большая небрежность. Что это не опечатка, видно изъ того, что на слѣдующей 164 стр. опять сказано: „такъ какъ плоскость орбиты Эроса пересѣкаетъ плоскость орбиты Марса, то" и т. д.

На стр. 164 внизу встрѣчается утвержденіе, констатирующее невѣроятный фактъ, а именно „у Юпитера сжатіе равно $^1/_{16}$ и можетъ быть замѣчено даже невооруженнымъ глазомъ". Интересно, чей это невооруженный глазъ видитъ дискъ Юпитера, не говоря уже о сжатіи.

На стр. 169 сказано: „въ каждой точкѣ его (Урана) поверхности, не исключая даже обоихъ полюсовъ, солнце два раза въ году бываетъ въ зенитѣ". Это невѣрно, и на каждомъ полюсѣ Урана солнце можетъ быть въ зенитѣ только одинъ разъ въ (урановомъ) году.

На стр. 224 внизу сказано, что „сжатіе земной орбиты равно $^1/_{190}$, а эксцентриситетъ $^1/_{60}$. Первая цифра совершенно невѣрна и должна быть замѣнена дробью $^1/_{7200}$, ибо если сжатіе μ, а эксцентриситетъ e, то какъ извѣстно

$$\mu = \frac{e^2}{2} + \frac{e^4}{8} + \cdots\cdots$$

Нельзя не упрекнуть автора въ томъ, что для рѣшенія задачъ онъ (на стр. 21) предлагаетъ находить рѣшенія, такъ сказать, на глазомѣръ „съ точностью до 10°". Между тѣмъ существуютъ элементарные графическіе пріемы для этой цѣли (изложенные въ постоянной части Русскаго Астрономическаго календаря Нижегородскаго кружка любителей астрономіи, изд. 3, стр. 58 и слѣд.), которые даютъ результатъ неизмѣримо болѣе точно и доступно ученикамъ среднихъ учебныхъ заведеній. Рѣшеніе же астрономическихъ задачъ „на глазомѣръ" едва ли дастъ ученикамъ хоть отдаленное понятіе объ астрономической точности, да кромѣ того пріучитъ ихъ къ тому легкомысленному отношенію къ дѣлу, которое характеризуется выраженіемъ „спустя рукава".

Но кромѣ указанныхъ и еще другихъ болѣе мелкихъ недостатковъ учебникъ г. Каменьщикова обладаетъ и важными достоинствами. Такъ, онъ въ большинствѣ случаевъ сообщаетъ новѣйшія данныя, изложеніе вообще ясное и потому впечатлѣніе въ общемъ получается выгодное. Можно только пожелать, чтобы авторъ въ слѣдующемъ изданіи исправилъ указанные недостатки, ибо въ теперешнемъ видѣ его учебникъ далеко не достигаетъ той цѣли, къ которой онъ стремится. *Р. Фогель.*

Кіевъ.

Конецъ 13-го тома.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ СОДЕРЖАНІЯ

ФИЗИЧЕСКАГО ОБОЗРѢНІЯ.

1910—1912 г.г.[1].

I. Механика и механическій отдѣлъ физики.

Роше—Погрѣшности измѣреній и ихъ вліяніе на окончательный результатъ. XI, 173. *Бачинскій* — Объ условіяхъ чувствительности вѣсовъ. XI, 183. *Бялобржескій* — Принципъ относительности и его примѣненіе къ механикѣ. XI, 220. *Билимовичъ*—Векторіальный анализъ. XI, 316. *Бигурданъ*—Новый часъ. XII, 286. *Роше* — Вліяніе погрѣшностей наблюденій на окончательный результатъ. XII, 313.

Приборы и опыты механическаго отдѣла. *Роше*—Измѣреніе длины. XI, 166. *Слѣсаревскій*—Вѣсы и опредѣленіе плотности. XI, 232. *Вейнбергъ* и *Дудецкій*—Консервированіе градинъ и изученіе ихъ микроструктуры. XI, 256. *Роше*—Опредѣленіе плотности атмосфернаго воздуха. XI, 324.—*Слѣсаревскій*—Законъ Архимеда для плавающихъ тѣлъ. Ареометръ съ постояннымъ вѣсомъ. XI, 362. *Яницкій*—Поверхностное натяженіе жидкостей. XI, 366. *Де-Метцъ*—Провѣрка закона Бойля-Маріотта. XI, 368. *Рамсей* и *Грей*—Плотность эманаціи радія. XII. 124. *Кольбе*—О школьныхъ вѣсахъ. XII, 188. *Бялобржескій*—Микровѣсы Стилля и Гранта. XII, 197. *Фридманъ*—Приборъ для опредѣленія уд. вѣса жидкихъ тѣлъ безъ взвѣшиванія. XIII, 183. *Кузнецовъ*—Наклонная плоскость. XIII, 247.

II. Воздухоплаваніе.

Гильдебрандъ—Полеты О. Лиліенталя и О. Шанюта. XI, 83. *Ренаръ*—Аэродинамическія лабораторіи. XII, 179. *Чатлей* — Коэффиціентъ поверхностнаго тренія въ воздухѣ. XIII, 185.

III. Статьи общаго содержанія.

Кри—Антарктическая экспедиція Шакельтона. XI, 21. *Рутерфордъ*—Строеніе матеріи. XI, 30. *Ллойдъ Морганъ*—Чѣмъ долженъ быть университетъ. XI, 53 *Хмыровъ*—О Броуновскомъ движеніи. XI. 143. *Планкъ*—Единство фи-

---

[1]) Указатель содержанія первыхъ десяти томовъ съ 1900 по 1910 гг. изданъ отдѣльно; цѣна въ Редакціи 10 коп.

IV. Теплота.

V. Звукъ.

VI. Свѣтъ.

VII. Электричество и магнитизмъ.

Шустеръ—О нѣкоторыхъ явленіяхъ атмосфернаго электричества и ихъ связи съ дѣятельностью солнца. XI, 329. *Дж. Томсонъ*—Эѳиръ и электричество. XII, 1. *Варбургъ*—Международная величина электродвижущей силы нормальнаго элемента Вестона. XII, 64. *Яницкій*—Распредѣленіе магнитизма въ магнитной полосѣ. XIII, 47. *Штейнбергъ*—Опыты съ іонными потоками въ воздухѣ. XIII, 281.

Катодные лучи и радіоактивность. *Боргманъ* — Электричество и свѣтъ. XI, 1. *Рутерфордъ*—Строеніе матеріи. XI, 30. *Соколовъ* — Радіоактивность земли. XI, 104. *Уильсонъ* — Электрическія свойства пламени. XI, 155. *Шишковскій*—Новѣйшие результаты опредѣленія величины элементарнаго электрическаго заряда. XI, 126. Полоній. XI, 188. Радіологическій институтъ въ Лондонѣ. XI, 184. *Рамсей* и *Грей*—Плотность эманаціи радія. XII, 124. *Шишковскій*—Новѣйшіе взгляды на строеніе атомовъ. XII, 34. *Ленардъ*—О лучахъ сѣвернаго сіянія. XIII, 30.

Приложенія электричества. *Стабинскій*—Новый счетчикъ электрическаго тока. XI. 309. Новая пишущая машинка для телеграфированія, системы Череботани. XI, 349. Телерайтеръ. XII, 108. *Маркони*—Трансатлантическій безпроволочный телеграфъ. XII, 209. *Дюссо*—Холодный свѣтъ. XII, 271. *Клодъ*—Освѣщеніе неоновыми трубками. XII, 272. *Урбенъ*, *Скаль* и *Фежъ*—Новаго типа дуговыя лампы съ ртутнымъ катодомъ и бѣлымъ свѣтомъ. XIII, 164 *Ротэ*—Научныя примѣненія безпроволочнаго телеграфа. XIII, 208.

Электрическіе приборы. *Кольбе*—Электродинамическій маятникъ для демонстрированія взаимодѣйствія между токами и магнитами и для употребленія въ качествѣ простого гальваноскопа. XI. 300. *Штейнбергъ*—Діэлектроскопъ. XII, 191. *Вольфенсонъ* — Школьный гальванометръ въ отвѣтвленіи. XII. 254. *Вольфенсонъ*—Приборъ для показанія паденія потенціала въ цѣпи. XII, 193. *Де-Метцъ* — Измѣреніе силы тока тангенсъ-гальванометромъ. XIII, 169. *Де-Метцъ* — Измѣреніе энергіи тока въ лампочкѣ накаливанія. XIII, 231. *Слѣсаревскій*—Упражненіе съ мостикомъ Витстона. XIII, 235. *Татариновъ*—Какъ сдѣлать добавочныя сопротивленія къ универсальному гальванометру Гартмана-Брауна безъ помощи другихъ измѣрительныхъ приборовъ. XIII, 252.

VIII. Педагогическіе вопросы.

Блейнъ—Практическія занятія по физикѣ въ Англіи. XI, 58. *Де-Метцъ*—Практическія занятія по физикѣ въ средней школѣ. XI. 191. *Дельвалезъ*—Обзоръ преподаванія физики въ средней школѣ во Франціи. XI, 268. *Кисилевъ*—О преподаваніи физики въ средне-учебныхъ заведеніяхъ въ Россіи. XI, 279. *А. Г.*—Успѣхи преподаванія физики въ нѣмецкой средней школѣ. XII, 83. *Кольбе*—Къ методикѣ преподаванія физики. XII, 111. *Гернъ*—Опытъ веденія практическихъ занятій по физикѣ, обязательныхъ для всѣхъ учащихся. XII, 169. *Ганъ*—Преподаваніе физики въ Баварскихъ высшихъ реальныхъ училищахъ въ связи съ преобразованіемъ практическихъ занятій для учениковъ. XII, 297. *Челюсткинъ*—Педагогическая выставка въ Ригѣ. Отдѣлъ физики. XIII, 49. *Дельвалезъ*—Преподаваніе физики во французскихъ средне-учебныхъ заведе-

IX. Некрологи и біографіи.

X. Описаніе учрежденій и отчеты о съѣздахъ.

XI. Портреты.